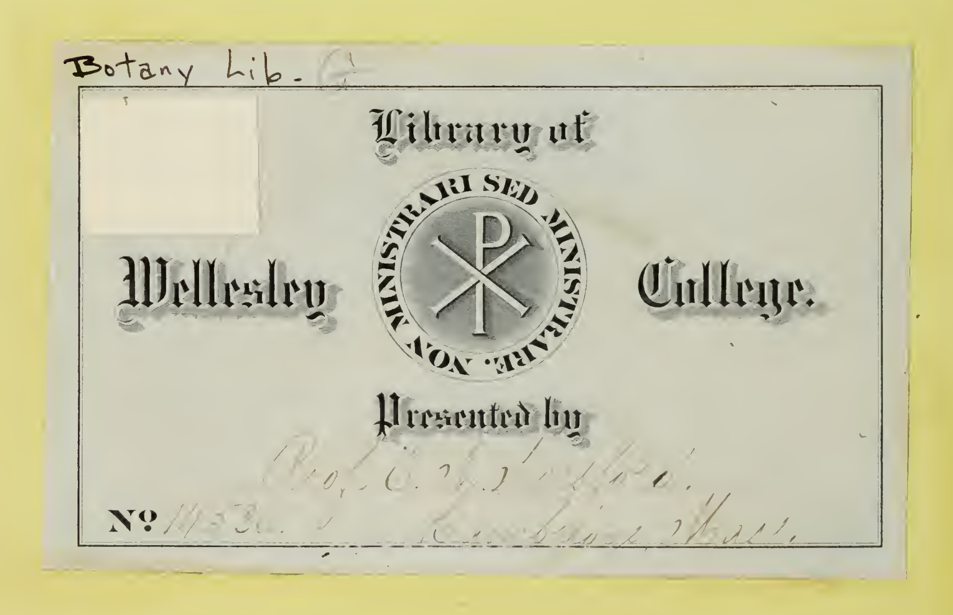



Botany Lib.
Library of
NON MINISTRARI SED MINISTRARE.
Wellesley College.
Presented by
Nº





HANDBUCH

DER

PHYSIOLOGISCHEN BOTANIK

IN VERBINDUNG MIT

A. DE BARY, TH. IRMISCH, N. PRINGSHEIM UND J. SACHS

HERAUSGEGEBEN VON

WILH. HOFMEISTER.

ZWEITER BAND.

ERSTE ABTHEILUNG.

MORPHOLOGIE UND PHYSIOLOGIE DER PILZE, FLECHTEN UND MYXOMYCETEN.

VON

A. DE BARY.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1866.

MORPHOLOGIE UND PHYSIOLOGIE

DER

PILZE, FLECHTEN UND MYXOMYCETEN.

VON

DR. A. DE BARY,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT FREIBURG I. B.

MIT 101 HOLZSCHNITTEN UND EINER KUPFERTAFEL.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.
1866.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

VORWORT.

Die vorliegende Arbeit hat die Aufgabe eine geordnete Darstellung zu geben von dem gegenwärtigen Stande der Morphologie und Physiologie der Pilze, Myxomyceten und Flechten. Sie sucht dieselbe zu lösen durch Zusammenstellung der Ergebnisse einer umfangreichen und zersplitterten Litteratur und, soweit möglich, durch eine auf eigene Untersuchungen gegründete kritische Behandlung und Vervollständigung dieser Ergebnisse. Die Darstellung der allgemeinen morphologischen Resultate findet, zumal bei einer so formenreichen und ungleichmässig bearbeiteten Classe wie die Pilze sind, nicht geringe Schwierigkeiten darin, dass sie auf der einen Seite die der Systematik angehörenden Detailbeschreibungen, auf der andern eine allzu schematische Behandlung vermeiden muss. Wenn dieser Anforderung nicht überall genügend entsprochen wurde, so mag dies wenigstens theilweise durch die Beschaffenheit der vorliegenden Untersuchungen erklärt und entschuldigt werden.

Da der morphologische Theil der Arbeit überall auf die Systematik Beziehung nehmen muss und die Ansichten über die systematische Eintheilung der Pilze zur Zeit sehr auseinander gehen, so wird es zweckmässig sein die systematischen Anschauungen hier kurz anzugeben, von welchen ich in der Arbeit ausgegangen bin.

Pilze nenne ich ausschlieslich diejenigen chlorophyllfreien und von organischen Stoffen lebenden Thallophyten, deren Thallus aus den im 1. Capitel näher beschriebenen Hyphen besteht; man kann kurz sagen die chlorophyllfreien Conferven (Siphoneen) und Lichenen. Ausgeschlossen von den Pilzen

sind hiernach die Myxomyceten, Chytridieen und Schizomyceten Nägeli's. Was von den beiden letztgenannten Gruppen in vorliegender Arbeit zu erwähnen ist, wurde jedoch in dem von den Pilzen handelnden Theile an geeigneten Orten eingeschaltet.

Die Pilze gliedern sich in folgende Ordnungen *I. Phycomycetes.* Unter diesem Namen kann man die miteinander nahe verwandten Familien: *a.* Saprolegnieae, *b.* Peronosporeae, *c.* Mucorini zusammenfassen. *II. Hypodermii.* Fries S. v. Sc. *a.* Uredinei Tul. *b.* Ustilaginei Tul. *III. Basidiomycetes.* *a.* Tremillini Tul. *b.* Hymenomycetes *c.* Gastromycetes. *IV. Ascomycetes.* *a.* Protomycetes (Protomyces macrosporus) *b.* Tuberacei. *c.* Onygenei. *d.* Pyrenomycetes *e.* Discomycetes.

Diese Gruppen entsprechen einerseits im Wesentlichen den gleichnamigen der gangbaren Pilzsysteme. Auf der andern Seite fehlen in der obigen Zusammenstellung sowohl die Haplo- oder Hyphomyceten (mit Ausnahme der Hypodermii), als die Gymnomyceten Fries. Was die ersteren betrifft, so ist es zur Zeit zweifellos, dass sie nicht eine Abtheilung des natürlichen Systems bilden, sondern nur eine Gruppe von Formen darstellen, welche durch ähnlichen Bau und Habitus der Vegetationsorgane übereinstimmen, etwa wie die Bäume oder Sträucher unter den Phanerogamen. Sie gehören theils den Phycomyceten an, theils stellen sie Entwicklungszustände, Organe, von Pilzen aus den Ordnungen III und IV dar. Letzteres gilt nicht minder für die Gymnomyceten, für die seitherigen Unterordnungen Sphaeropsideen Lév., Cytisporeen, u. s. f., alle diese sind daher aus dem natürlichen System zu streichen.

Es muss allerdings zugegeben werden, dass es zur Zeit nicht möglich ist, alle Hyphomyceten, Gymnomyceten u. s. f. an ihre naturgemässe Stelle im System zu setzen, und die genannten Abtheilungen werden als Nothbehelf da noch beibehalten werden müssen, wo es sich darum handelt eine Anleitung zum Bestimmen der Pilze oder auch nur eine vollständige Liste der beschriebenen Formen zu geben. Für den Zweck der vorliegenden Arbeit war es aber nicht nur möglich, sondern nothwendig, das natürliche System, dessen Grundzüge sicher gestellt sind, an die Stelle des veralteten zu setzen.

Die Saprolegnieen knüpfen die Phycomyceten unmittelbar an die Conferven (Siphoneen) an, sie können mit gleichem Rechte diesen wir den Pilzen zugezählt werden. Da ihre Entwickelungsgeschichte wie zu erwarten steht

auch in dem algologischen Theile dieses Handbuches Besprechung finden wird, habe ich sie hier verhältnissmässig kurz behandelt.

Ueber die Systematik der Flechten ist hier nur das Eine zu bemerken, dass ich mich in der Nomenclatur vorzugsweise an Körber's Systema Lichenum und Parerga gehalten habe; nicht um für irgend eines unter den Lagern der Lichenographen Partei zu nehmen, sondern weil die genannten Bücher relativ vollständig, fertig und allgemein verbreitet sind.

Ich bedauere einige in neuester Zeit erschienene mycologische Arbeiten für die vorliegende Darstellung nicht mehr haben benutzen zu können, es schien mir aber im Interesse der letzteren geboten, nachdem das Manuscript abgeschlossen und der Druck begonnen war, nachträgliche Einschiebungen zu vermeiden, zumal da solche nirgends erhebliche Neuerungen und Abänderungen der vorgetragenen Ansichten veranlasst haben würden.

Freiburg im December 1865.

A. de Bary.



INHALT.

I.

Pilze.

Erste Abtheilung. Morphologie des Pilzthallus.

Capitel 1. Histiologische Eigenthümlichkeiten.

Capitel 2. Bau des Thallus. Mycelium.

Capitel 3. Der Fruchtträger.

Zweite Abtheilung. Fortpflanzungsorgane.

Capitel 4. Geschlechtslose Fortpflanzung.

Capitel 5. Geschlechtliche Fortpflanzung und Copulation.

Dritte Abtheilung. Entwickelungsgang der Pilze. Pleomorphie, Generationswechsel.

Capitel 6.

Vierte Abtheilung. Physiologische Eigenthümlichkeiten der Pilze.

Capitel 7.

II.

Flechten.

Capitel 8. Der Thallus der Flechten.

Capitel 9. Fortpflanzungsorgane der Flechten.

Capitel 10. Entwickelungsgang der Flechten.

Capitel 11.

III.
Myxomyceten.

Capitel 12. Bau und Entwickelung der Myxomyceten.

I.

Pilze.

Erste Abtheilung.

Morphologie des Pilzthallus.

Capitel 1.

Histiologische Eigenthümlichkeiten.

Der gesammte vegetative Körper (Phytom) der Pilze, welcher gleich dem verwandter Gruppen des Pflanzenreiches als Thallus bezeichnet wird, besteht, mit Ausnahme einzelner zweifelhafter Fälle, aus fadenförmigen, mehr oder minder verzweigten Elementen, Pilzfäden, Hyphae oder schlechthin Fäden genannt.

In einer Anzahl von Fällen (Saprolegnieen, Peronosporeen, manche Mucorinen) ist der Faden eine einzige, lang schlauchförmige Zelle mit Spitzenwachsthum und meist reichlicher Astbildung, in Bau und Wachsthum den lang schlauchförmigen Zellen anderer Gewächse, zumal der Siphoneen (Vaucheria etc.), vollkommen ähnlich.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Pilze ist die Hypha dagegen eine Zellreihe (Zellenlinie Nägeli), die gleichfalls durch Spitzenwachsthum in die Länge wächst und sich dichotom oder durch Seitenzweige von den Gliederzellen aus verästelt. Spitzenwachsthum und Astbildung erfolgen nach den für Zellreihen überhaupt geltenden, im ersten Bande dieses Handbuchs dargestellten Gesetzen. Das Längenwachsthum des Fadens, soweit es auf Zellenneubildung beruht, erfolgt entweder durch alleinige Theilung der Scheitelzelle; der einfache Faden oder Ast besteht nur aus dieser und aus Gliederzellen ersten Grades (z. B. fruchttragende Aeste von Botrytis cinerea, Acrostalagmus u. s. f.); oder es treten in den Gliederzellen ersten Grades noch regelmässig weitere Quertheilungen auf, wie dies besonders in den zusammengesetzten Körpern grösserer Pilze der Fall ist. (Exquisite Beispiele Claviceps, Rhizomorpha subterranea u. A.).

Aus der Keimzelle entwickelt sich, in später zu beschreibender Weise, zunächst die einzelne Hyphe. Diese bildet bei den einfacheren Formen, welche als Fadenpilze, Hyphomyceten, Haplomyceten bezeichnet werden, für

sich allein auch den fertig entwickelten Thallus. Nicht minder ist aber auch der Körper der grösseren, massig entwickelten Pilze, der Schwämme des gewöhnlichen Sprachgebrauchs, immer aus den soeben characterisirten Pilzfäden zusammengesetzt, indem solche nach bestimmten Regeln zur Bildung eines grösseren Ganzen zusammentreten und miteinander heranwachsen. Der Körper der grösseren Schwämme ist daher passend eine Colonie von Pilzfäden oder von Haplomyceten genannt worden; er sei in folgendem mit dem Namen zusammengesetzter Pilzkörper bezeichnet, zur Unterscheidung von dem freifädigen Körper der einfachen Haplomyceten.

Das Wachsthum des zusammengesetzten Schwammes, soweit es in Neubildung von Zellen und nicht in Ausdehnung der bereits vorhandenen besteht, kommt lediglich durch das Längenwachsthum der Hyphen, aus welchen er besteht, und durch die Bildung neuer Zweige an ihnen zu Stande, welch letztere sich theils zwischen die vorhandenen einschieben, theils den oberflächlichen aussen anlegen.

An dem fertig entwickelten Schwamme lässt sich die Zusammensetzung aus Hyphen meist leicht erkennen, mit blossem Auge als feine Faserung, mit dem Mikroskop ist der Verlauf der einzelnen Fäden und ihrer Zweige oft auf weite Strecken hin zu verfolgen, sei es dass sie parallel nebeneinander stehen, oder dass sie vielfach durcheinander geschlungen und verflochten sind. Beispiele dafür werden in den folgenden Capiteln vielfach angeführt werden. In den früheren Lehrbüchern ist das Fadengeflecht der Pilze als Filzgewebe (tela contexta) bezeichnet worden. S. Schleiden, Grundz. 3. Aufl. I, 269. Unger, Anat. u. Physiol. d. Pfl. p. 149).

Bei einer Anzahl von Schwämmen scheint allerdings der ganze Thallus oder einzelne Theile desselben eine andere Zusammensetzung zu haben. Das ausgebildete Gewebe besteht hier aus isodiametrischen, rundlichen oder polyedrischen Zellen, welche, zumal auf dünnen Durchschnitten, eine Anordnung in Reihen nicht mehr erkennen lassen. Es ist somit dem Parenchym höherer Gewächse dem Ansehen nach ähnlich. Beispiele hierfür bieten die Hüte von Russula, Lactarius, die Rinde vieler Lycoperdaceen-Peridien, manche Sclerotien, vor Allem der Stiel der Phalloideen, und Andere, von denen später die Rede sein wird. Untersucht man solche Gewebe jedoch genauer, und verfolgt man besonders ihre Entwickelungsgeschichte, so zeigt sich aufs deutlichste, dass sie aus Pilzfäden entstehen und bestehen und dass sie ihre scheinbar parenchymatische Structur nur der festen Vereinigung der Hyphen, der Gestalt, Ausdehnung und Verschiebung ihrer Gliederzellen verdanken. Das Parenchym der Cormophyten, der Fucoideen, Florideen u. s. w. entsteht durch Zelltheilungen, bei denen die successive entstehenden Scheidewände abwechselnd nach drei oder zwei Raumdimensionen gerichtet sind (Zellkörper, Zellflächen Nägeli). Die Pilzfäden sind nach dem Angegebenen durchweg Zelllinien; Theilungen, welche Zellflächen und Zellkörper produciren, kommen nur bei gewissen Reproductionsorganen, nie im Thallus der Pilze vor. Es ist daher vom anatomischen Gesichtspunkte aus nothwendig, die parenchymähnlichen Gewebe der Pilze von dem eigentlichen Parenchym wohl zu unterscheiden, und will man für sie einen besonderen Namen haben, so wird die Bezeichnung als Scheinparenchym oder Pseudoparenchym passend sein.

Die in Vorstehendem dargestellte Anschauung über die Structur und das Wachsthum des Pilzthallus ist schon in Ehrenbergs Epistola de Mycetogenesi (Nov. Act. Ac. Nat. cur. tom. X) bestimmt angedeutet. Klar ausgesprochen findet sie sich in Vittadini's Monogr. Lycoperdineorum (1841) in Mém. Acad. Turin. Ser. II, Tom. V, p. 146. Die Ansichten Späterer (Montagne, Esquisse organographique etc. sur les champignons, Paris 1841, deutsch Prag 1844. Schleiden, Grundz. 3. Aufl. II. p. 34) deuten ähnliches an. Vollständiger begründet und durchgeführt konnte sie erst durch neuere anatomische Untersuchungen werden, zu welchen Bonorden und Schacht den hauptsächlichsten Anstoss und die ersten bedeutenderen Materialien geliefert haben. Vgl. Bonorden, Allgem. Mycologie. Stuttg. 1851. Schacht, die Pflanzenzelle, p. 134—150. de Bary, Unters. üb. d. Brandpilze. p. 87.

Was die vereinzelten oben angedeuteten Ausnahmsfälle von Pilzen, welche nicht aus Hyphen des beschriebenen Baues bestehen, anlangt, so gehören zu denselben erstlich die sogenannten Hefepilze (Hormiscium, Cryptococcus, Torula ex parte auct.), Organismen, welche aus ovalen, rundlichen, länglichen Zellen bestehen, die zu verzweigten rosenkranzförmigen Reihen locker verbunden sind und sich durch eigenthümliche, im 4ten Capitel näher zu beschreibende Sprossung vermehren. Die Art ihrer Vermehrung stimmt mit der Bildungsweise der Reproductionsorgane vieler typischer Pilze überein, und es ist, wie im 5ten Capitel gezeigt werden wird, noch fraglich, ob diese Organismen für sich eigene Arten repräsentiren, oder ob sie nichts weiter als eben Reproductionsorgane typischer Pilze sind.

Zweitens sind hier zu nennen die von A. Braun entdeckten Chytridieen, Organismen, welche mit den Pilzen in ihrem physiologischen Verhalten übereinstimmen, in morphologisher Beziehung aber als eine besondere, von den typischen Pilzen verschiedene Ordnung zu betrachten sind, wenn sie auch Anknüpfungspunkte an jene darbieten. Sie bestehen aus einer nahezu isodiametrischen, je nach den Arten verschieden gestalteten Zelle, welche, nachdem sie eine bestimmte Grösse erreicht hat, zum Reproductionsorgane wird, und entweder ganz glatt umschrieben, ohne alle Fortsätze ist, oder fadenförmige wurzelähnliche Fortsätze aussendet. Letztere sind entweder von solcher Zartheit, dass sie keinerlei Structur erkennen lassen; in anderen Fällen zeigen sie den Bau von Pilzfäden. (Die Litteratur über die Chytridieen ist im 7ten Capitel angegeben und mit Hülfe des Registers zu finden.)

Drittens endlich ist eine Gruppe von Organismen den Pilzen angereiht und von Nägeli (Verhandl. d. Naturforschervers. zu Bonn) als Schizomyceten bezeichnet worden, welche, morphologisch betrachtet, von den Pilzen auszuschliessen und den Oscillarieen an die Seite zu stellen sind, wenn auch ihr Vegetationsprocess dem der Pilze gleich ist. Sie bestehen aus Zellen von rundlicher oder kurz cylindrischer Form, die sich durch fortwährende Zweitheilung vermehren und entweder frei, oder zu Reihen oder kleinen Körpern vereinigt sind, die an allen Punkten gleichmässig durch Zelltheilung wachsen. Hierher gehören die in Beziehung auf ihre Organisation noch höchst ungenügend bekannten, meist überaus kleinen Formen, welche mit den Gattungsnamen Vibrio, Bacterium, Zoogloea Cohn, Nosema Näg. Sarcina u. s. w. bezeichnet, theilweise auch noch dem Thierreiche zugezählt werden.

Bei den typischen Pilzfäden ist die Gestalt der Zellen sehr mannigfaltig, meistens wohl, und besonders in jugendlichen Zuständen, mehr oder minder lang cylindrisch. Die einzelnen Formen hier aufzuzählen wäre zwecklos.

Bau und Wachsthum der Zellen des Pilzthallus stimmen im Allgemeinen mit den für die Pflanzenzelle überhaupt bekannten überein.

Die Zellenmembran bleibt bei denjenigen Pilzen, welche schnell wachsen und im erwachsenen Zustande nur kurze Lebensdauer haben, in der Regel stets zart, structurlos, ohne merkliche secundäre Verdickung. Zahlreiche Fadenpilze und die meisten fleischigen Schwämme liefern hierfür Beispiele. Zufällige Verlangsamung der Grössenzunahme kann aber auch hier eine beträchtliche Membranverdickung zur Folge haben, wie Coemans bei Pilobolus gezeigt hat. Die Zellenwand vieler holziger und lederartiger Schwämme, zumal Gastromyceten und Hymenomyceten (Polyporus, Thelephora u. s. f.) ist oft schon in der Jugend relativ dick, im erwachsenen Zustande nicht selten gewaltig, selbst bis zum Verschwinden des Lumens, verdickt. So haben z. B. die Fäden der Hutsubstanz von Polyporus fomentarius, von Crucibulum vulgare (Sachs, Bot. Ztg. 1855) und viele andere stellenweise das Ansehen solider Cylinder, während sie an anderen Punkten mit deutlicher Höhlung versehen sind. Die verdickten Zellwände sind entweder fest, spröde oder biegsam, oder aber gallertartig weich. Bei geringer Verdickung, wie an den Seitenwänden vieler Fadenpilze (Dematieen, Botrytis cinerea, Peronospora) ist die Membran in der Regel homogen, ungeschichtet, selbst die Querwände sind meistens nicht oder nur schwer in zwei Lamellen trennbar. Stark verdickte Zellwände zeigen dagegen oft sehr deutliche Schichtung, entweder ohne Weiteres oder nach Einwirkung von Reagentien, welche Quellung bewirken, wie Kalilösung, Schulze'sche Mischung, Schwefelsäure. So besonders die Hyphen und fruchttragenden Zweige von Cystopus, die Zellen der festen Rindensubstanz von Rhizomorpha subterranea, die zuweilen vorkommenden verdickten Membranen von Pilobolus (Coemans). Die Zellenhäute vieler trockener, dauernder Pilzgewebe (Polyporus zonatus, P. versicolor, Daedalea, Trametes Pini, Lenzites betulina, die derberen Fäden von Thelephora hirsuta, die Capillitiumfäden von Bovista plumbea, Geaster, Tulostoma und viele andere) lassen oft wenigstens zwei Schichten deutlich unterscheiden, eine äussere, festere, oft lebhafter gefärbte und eine innere weichere, hellere. Auch künstlich, wie durch Kochen mit Kali, ist eine weitere Schichtung hier meistens nicht sichtbar zu machen; doch gelingt dies oft bei den Hyphen der älteren Hutsubstanz von Polyporus officinalis. An dieser sieht man im Wasser eine äussere dünne, anscheinend feste und eine innere, sehr dicke, offenbar weiche Lage. Beim Erwärmen mit Kalilösung wird die äussere Schicht nicht merklich verändert; die innere quillt stark auf, so dass sie an den Enden von Bruchstücken oft tropfenartig aus der äusseren hervortritt, und sondert sich dabei oft in zahlreiche zarte Schichten.

Sehr schöne Schichtung zeigen besonders viele Pilzzellen mit gallertiger, in Wasser stark quellbarer Membran. Bei Geaster hygrometricus hat sie Tulasne (Ann. sc. nat. 2 Sér. XVIII.) schon vor 20 Jahren abgebildet. Die innere Schicht der sternförmig aufreissenden äusseren Peridie dieses Pilzes besteht aus geraden, gleichhohen, dicht aneinandergedrängten Fäden, welche unter einander parallel und auf der äusseren Schichte senkrecht stehen. Sie haben eine

dicke, im trockenenen Zustande knorpelharte, im Wasser zu zäh-gelatinöser Consistenz aufquellende Membran, welche auf Querschnitten drei bis fünf Schichten von verschiedenem Lichtbrechungsvermögen zeigt. Mit den äussersten Schichten stossen die Fäden fest aneinander, ihre Grenzlinien bilden auf dem Querschnitte ein scharf gezeichnetes Netz. An alten Exemplaren ist diese Structur oft verwischt.

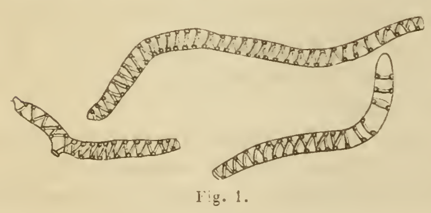
Ganz ähnlich der beschriebenen Schichte von Geaster ist das trocken knorpelige, im Wasser gallertig quellende Gewebe anderer Pilze beschaffen. Die Wand der Kammern von Hysterangium clathroides (Tulasne, fungi hypog.), die innere Substanz vieler Sclerotien, z. B. der schwarzrindigen Peziza-Sclerotien (Scl. compactum, varium, durum Auct.), des Scl. complanatum und Anderer, erscheint bei der mikroskopischen Untersuchung auf den ersten Blick aus einem ziemlich lockeren Geflecht dünner Fäden gebildet, welche einer homogenen durchsichtigen Gallerte eingebettet sind. Die Fäden sehen aus wie enge, in die Gallerte gebohrte Kanäle, deren jeder eine dünne glänzende, wenig quellbare Membran besitzt. Dünne Durchschnitte, oder Behandlung der Präparate mit Alkohol zeigen, dass die durchsichtige Gallerte keineswegs eine homogene structurlose Masse darstellt. Vielmehr besteht sie aus ebensovielen durchsichtigen Gallertscheiden, als Fäden vorhanden sind, und diese Scheiden stehen zwar allenthalben in inniger Berührung mit einander, die Grenzen der einzelnen sind jedoch auf geeigneten Präparaten sehr deutlich als zarte Linien erkennbar. Somit besteht die Wand des einzelnen Fadens aus zwei Lagen, der gelatinösen durchsichtigen Scheide und der dünnen glänzenden Haut, welche das Lumen unmittelbar umgibt. Beide Theile sind oft durch eine scharfe Linie von einander getrennt, sehr häufig aber auch — und dies beweist, dass sie zusammengehörige Theile eines Ganzen sind — fliessen sie ganz allmählich in einander über. Bei Scl. durum sah ich die innere glänzende Lage durch Erwärmen in Kalilösung meistens in zwei scharf getrennte Schichten zerfallen.

Der untere Theil (Stiel) der ästigen Körper von Calocera viscosa besteht aus Hyphen, welche alle der Längsachse des Pilzes nahezu parallel verlaufen. Dünne Querschnitte durch den Stiel geben daher die kreisförmigen oder polygonalen Durchschnitte der einzelnen Zellen. Die äusserste der drei concentrischen Gewebeschichten, aus welchen der Stiel besteht, ist im frischen Zustand von klebrig-gallertartiger Beschaffenheit, sie wird von dünnen, derbwandigen Fäden gebildet, welche auf den ersten Blick einer weichen, homogenen Gallerte eingebettet sind. Macht man aber dünne Querschnitte durch den eingetrockneten Stiel und lässt dieselben alsdann langsam in Wasser aufquellen, so erkennt man auch hier, dass die Gallerte aus ebensovielen gelatinösen, einander allenthalben innig berührenden Membranschichten gebildet wird, als Fäden vorhanden sind. Längere Einwirkung von Wasser lässt die zarten Grenzlinien der Scheiden vollständig verschwinden, diese in eine homogene Masse verfliessen.

Die oben beschriebenen Fälle zeigen einerseits das Vorkommen von Schichten verschiedener Dichtigkeit und Quellbarkeit an verdickten Zellmembranen, andrerseits folgt aus den mitgetheilten Thatsachen, dass die scheinbar homogene Zwischensubstanz zwischen den Hyphen der bezeichneten Pilze, gleich der Pseudointercellularsubstanz vieler Fucoideen, Florideen u. s. w., nicht als eine von der Zellmembran differente homogen ausgeschiedene Intercellularsubstanz

zu betrachten, sondern durch die innige Berührung und theilweise Verschmelzung der äusseren gallertigen Verdickungsschichten sämmtlicher Fäden zu Stande gebracht ist.

Sehr viele Pilzgewebe (Melanogaster, Tremella, Exidia, Guepinia, Dacryomyces, Bulgaria, Thelephora mesenterica, Mitremyces, Cyttaria, Panus stypticus, die Peridien der Phalloideen, die jugendlichen Nidularieen, die zerfliesslichen Körper von Ceratium, die Oberfläche vieler Hymenomyceten, z. B. Agaricus Mycena Sect. glutinipedes Fr., Amanita muscaria, Boletus luteus und viele andere) haben gallertige Beschaffenheit und stimmen, was ihren Bau betrifft, mit den beschriebenen Geweben von Calocera, Hysterangium u. s. w. überein, nur dass die interstitielle Gallerte meist wirklich als eine homogene Masse erscheint und bis jetzt nicht in den einzelnen Fäden angehörige Theile hat zerlegt werden können. Vielleicht gelingt dies noch bei manchen hierhergehörigen Formen. Nach den mitgetheilten Beobachtungen bei Calocera, und bei der nahen Verwandtschaft und sonstigen Uebereinstimmung des Baues, welche zwischen Calocera, Guepinia, Tremella, zwischen Hysterangium, Phallus u. s. w. vorhanden ist, scheint es aber jedenfalls gerechtfertigt, die homogene Gallerte aller der erwähnten Pilze für nichts anderes als ein Product der Verschmelzung weicher, gallertartiger Verdickungsschichten der Zellmembranen zu halten. Auch H. Hoffmann deutet diese Ansicht an, wenn er (Icon. analyt. fung. p. 12, 25) die Gallerte in der Hutoberfläche fleischiger Hymenomyceten als ein Verflüssigungsproduct der Membran bezeichnet. Für die sämmtlichen oben besprochenen Gewebe werde ich in den späteren Abschnitten die Ausdrücke Gallertgewebe oder Gallertfilz gebrauchen.


Fig. 1.

Bei sämmtlichen Gallertmembranen und den meisten anderen gehen die Verdickungsschichten ununterbrochen über die ganze Zellwand. Faserförmige Verdickungen und Tüpfel sind selten, doch finden sich auch für ihr Vorkommen Beispiele.

Die spindelförmigen, zwischen den reifen Sporen von Batarrea zerstreuten (Capillitium-) Zellen zeigen, wie Berkeley zuerst angab (Hookers Journ. Vol. II. 1843, auch Introd. to crypt. Bot. p. 8, 343) zierliche Spiral- und Ringfasern (Fig. 1). Die Wand der Capillitiumröhren von Podaxon carcinomatis L. (Berkeley, Hookers Journ. Vol. IV. p. 292) zeigt, vielen Holzzellen ähnlich, eine zarte spiralige Streifung, und zerreisst leicht in der Richtung der Streifen zu einem spiraligen Bande (Fig. 2).

Zarte Tüpfel finden sich an den Capillitiumfasern von wie es scheint allen Lycoperdonarten (z. B. L. pusillum, L. Bovista, L. giganteum): sie fehlen dagegen an den gleichnamigen Organen


Fig. 2.

Fig. 1. Capillitiumzellen von Batarrea Steveni Fr., 390fach vergr.
Fig. 2. Podaxon carcinomatis L. Stück einer Capillitiumröhre, 390mal vergr. Nach Exemplaren aus dem Kunze'schen Herbar in Leipzig.

anderer verwandter Genera (Tulostoma. Bovista, Geaster etc.). Die dicken, aus zwei halblinsenförmigen Lamellen bestehenden Querwände von Dactylium macrosporum Fr. zeigen in ihrer Mitte einen grossen Tüpfel, in ganz ähnlicher Weise wie die Querwände von fadenförmigen Florideen, z. B. Callithamnion (Fig. 3).

Bei anderen Fadenpilzen fand ich derartige Tüpfel nicht, ihre Querwände sind meist zart, manchmal, z. B. bei Botrytis cinerea, scheinen dieselben allerdings in der Mitte dünner als am Rande zu sein.

Die angeführten, zum Theil längst bekannten Thatsachen zeigen, dass die Zellwand der Pilze keineswegs allgemein so ungleich einfacher als z. B. die der Algen gebaut ist, wie man nach ganz neuen Angaben (Schacht, Lehrb. Anat. Physiol. I, 158) glauben sollte. Dass die Structur der Membran wenig in die Augen fällt, hat seinen Grund wohl vielfach in der geringen Breite derjenigen Pilzzellen, welche verdickte Wände haben.

Was die stoffliche Zusammensetzung der Zellmembran betrifft, so haben die Analysen in einer Reihe von Fällen (Polyporus igniarius, Agarius campestris [Payen], Polyporus officinalis [Fromberg], Polyporus fomentarius, Daedalea quercina [Schossberger und Döpping]) das übereinstimmende Resultat ergeben, dass sie, nach gehöriger Reinigung, die elementare Zusammensetzung der Cellulose zeigt. A. Kaiser hat dies noch neuerdings für Amanita muscaria bestätigt. Braconnot's Fungin ist Cellulose mit fremden Beimengungen. Die characteristischen Reactionen der Cellulose gegen Jod zeigt auch die nicht gefärbte und nicht verdickte Cellulosemembran der meisten Pilze nicht, auch nicht wenn sie mit Kali oder der Schulze'schen Mischung behandelt worden ist. Sie wird durch Jod, Chlorzinkjod, Jod und Schwefelsäure nicht oder gelb gefärbt, in concentrirter Schwefelsäure quillt sie weit weniger (oft kaum merklich) und wird weit schwieriger zerstört, als typische Cellulose. In Kupferoxydammoniak scheint sie direct nie löslich zu sein. Sie kann füglich als eine besondere Form mit der Bezeichnung Pilzcellulose unterschieden werden. (A. Kaiser fand die Cellulose des Strunkes von Amanita muscaria löslich in Salzsäure.)

Die gewöhnliche Celluloseform, welche durch Jod und Schwefelsäure und Chlorzinkjod blau oder violett wird, kommt übrigens einer nicht unbeträchtlichen Zahl von Pilzen zu. So zunächst allen Saprolegnien; sämmtlichen Peronospora- und Cystopus-Arten, dem Protomyces macrosporus Unger. Bei diesen wird die Membran der ganzen Pflanze durch Jod und Schwefelsäure schön und rein blau, nur bei der Peronosp. infestans fand ich öfters (keineswegs immer) die blaue Färbung auf die fruchttragenden Hyphen beschränkt.

Unter den Mucorinen fand ich die jugendlichen Membranen von Mucor Mucedo[1]) und Mucor fusiger Lk. durch Jod und Schwefelsäure blau werdend,

Fig. 3. Dactylium macrosporum Fr. Zellmembranen eines Stückes von einem fruchttragenden Faden, mit zwei alten, stark verdickten und von einem centralen Tüpfel durchsetzten, und, bei *a*, einer jüngeren Querwand. Vergr. ungefähr 300.

1) Ich habe diesen Pilz früher (Bot. Ztg. 1854, pag. 466) mit Rhizopus nigricans Ehr., der durch Jod und Schwefelsäure nicht blau wird, verwechselt.

ältere Membranen färben sich, auch nach Maceration in Kali, nicht mehr. M. macrocarpus C. zeigte nie Blaufärbung. Coemans sah die Membran von Pilobolus, Mucor, Hydrophora, Ascophora durch Chlorzinkjod rosenroth gefärbt. Das Gleiche gibt er für Aspergillus und Polyactis an, wo ich es bis jetzt nicht bestätigen konnte.

Blaue und violette Cellulosefärbung zeigen ferner die Membranen von Anthina pallida, purpurea, flammea. Bei Clavaria juncea beobachtete ich in einer Anzahl von Fällen intensive Violettfärbung, in anderen Fällen war dieselbe nicht hervorzurufen. Andere Clavarien zeigen nur Pilzcellulose.

Hierher gehören vielleicht auch die Beobachtungen von H. Hoffmann, der bestimmte Stellen des Hutes von Amanita phalloides in Jod und Schwefelsäure blau werden und mehrfach, z. B. bei Agaricus metatus, Pilzzellen nach längerer Maceration in Wasser blaue oder violette Jodfärbung annehmen sah. Doch ist es nicht ausser Zweifel, ob diese Erscheinungen die Membran allein oder den Zellinhalt betreffen.

Eigenthümlich verhält sich die Membran junger Hyphen von Syzygites megalocarpus Ehr. In wässeriger Jodlösung nimmt sie sofort lebhaft violettrothe Farbe an; bei Zusatz diluirter oder concentrirter Schwefelsäure wird sie farblos und quillt auf etwa das Doppelte ihrer ursprünglichen Dicke auf. Chlorzinkjod ruft ähnliche, doch mehr braunviolette Färbung hervor wie Jod. Alte Hyphen zeigen keine Färbung mehr. — Aehnliches beobachtete Schacht an den Hyphen eines unbestimmten Pilzes in faulem Eichenholz. Jodlösung und Chlorzinkjod färbten ihn blau — ob aber die Membran allein, oder den Inhalt ist ungewiss —, durch Zusatz von Schwefelsäure verschwand die Farbe. Nach Behandlung mit kochender Kalilösung wurde er durch Jod und Schwefelsäure violettroth. Eine Blaufärbung der Membran durch einfache Jodlösung ohne Schwefelsäure tritt an den Zellen und fadenförmigen Anhängseln der Fruchtbehälter (Perithecien) mehrerer Erysiphe-Arten ein (Tulasne, Ann. sc. nat. 4e Sér. Tom. VI, p. 318).

Ferner werden durch Jod rasch dunkelblau gefärbt die Fäden des Thallus von Polystigma rubrum und fulvum, welcher die Blätter von Prunus-Arten bewohnt. Bei völlig ausgebildeten Exemplaren hat es den Anschein, als seien die Fäden von unregelmässig-stabförmigen, den Zellen derselben fast gleichbreiten Stärkekörnern ausgefüllt; nur schmale nicht blau werdende Querzonen trennen letztere von einander. Die Entwickelungsgeschichte zeigt aber, dass die Amylumreaction einer ungeschichteten Verdickungsmasse der Membran angehört, welche, durch die genannten schmalen Querzonen unterbrochen, einer dünnen äussersten Membranschichte innen angelagert ist, und in den erwachsenen Fäden das ganze Lumen der Zellen ausfüllt.

Hier ist endlich H. v. Mohl's Beobachtung anzuführen, nach welcher bei Septoria Ulmi die gallertartige Masse, die zwischen den papillenförmigen, wahrscheinlich sporenabschnürenden Zellen des Fruchtlagers liegt, durch Jod dunkelblau gefärbt wird.

Was die gallertigen Membranen betrifft, von denen oben die Rede war, so ist ihre elementare Zusammensetzung noch bei keinem Pilze untersucht worden. Ihr Verhalten gegen Reagentien entspricht im Allgemeinen den für die gleichnamigen Substanzen anderer Pflanzen bekannten. Blaufärbung durch Jod habe ich nirgends gefunden. Ein eigenthümliches Verhalten fand ich bei der Gallerte

des schlüpferigen Ueberzugs von Agaricus vulgaris. Während sie in dem Verhalten gegen Wasser und Alkohol mit der von anderen Pilzen übereinstimmt, durch Jod, Salpetersäure, Zucker und Schwefelsäure nicht verändert wird oder höchstens unter Einwirkung von Schwefelsäure etwas schrumpft, bewirkt Kalilösung in weit höherem Grade als Alkohol augenblickliches Zusammenschnurren; ein grösseres Stück der Gallertmasse erhält durch genanntes Reagens rasch das Ansehen einer gerunzelten Haut.

Die Membran älterer Zellen ist, besonders bei den Pilzen von längerer Lebensdauer, sehr oft gefärbt, meistens in verschiedenen Nüancen von Braun, selten anders, z. B. rosenroth bei Dactylium macrosporum, blau bei Peziza cyanoderma m. Die Färbung deutet ohne Zweifel eine Veränderung, eine Verholzung der ursprünglichen Cellulose an. Die so beschaffenen Membranen zeigen meist eine ausserordentliche Resistenz gegen concentrirte Schwefelsäure, sie können in dieser lange Zeit anscheinend ganz unverändert bleiben. Schacht fand, dass das braungefärbte Gewebe von Polyporus igniarius durch mehrmaliges Kochen mit Kali entfärbt wird, und alsdann in Schwefelsäure ebenso wie das jugendliche zerfliesst. In der Schulze'schen Mischung löste sich das ganze Gewebe auf; das nämliche geschah mit den gefärbten Spitzen der Paraphysen von Helvella esculenta.

Ausgedehntere Untersuchungen der verholzten Pilzmembranen fehlen zur Zeit noch.

Ueber die Beschaffenheit der Pilzzellmembran sind, ausser den oben citirten Schriften, zu vergleichen:

Schacht, die Pflanzenzelle, p. 136 ff. Idem, Lehrbuch d. Anat. d. Pfl.

Coemans, Monographie du genre Pilobolus, in Mém. des savants étrang. Acad. Brux. Tom. XXX.

Caspary, Monatsber. der Berliner Academie, Mai 1855.

H. Hoffmann, Bot. Zeitg. 1856, p. 158.

H. v. Mohl, Bot. Zeitg. 1854, p. 771.

de Bary, Unters. über d. Brandpilze. Idem, über Anthina, (Hedwigia, I, 36). Idem, Bot. Ztg. 1854, p. 466.

Braconnot, Ann. de Chimie XII, 172.

Payen, Mémoire sur le développement des végétaux. Mémoires présentés à l'Acad. des sc. de France. Tom. IX (1846) p. 21.

Mulder, Physiol. Chemie, Braunschw. 1844—51, p. 202, 203. Daselbst die Resultate v. Fromberg.

Schlossberger, Ueber die Natur der Hefe, Ann. d. Chem. u. Pharm. Band 51, p. 206.

Schlossberger u. Döpping, Beitr. z. Kenntn. d. Schwämme. Ibid. Band 52, p. 116.

A. Kaiser, Chem. Unters. des Agaricus muscarius L. Inaugural-Diss. Göttingen 1862.

Ueber das Protoplasma der Pilzzelle sind hier keine Besonderheiten zu berichten. Auch die Besonderheit ist zurückzuweisen, welche Sachs (Bot. Ztg. 1855) angibt, dass nämlich die Spitzen wachsender Hyphen aus einer Masse beständen, in welcher Membran und Inhalt noch nicht gesondert wären. Ich habe in solchen lebhaft wachsenden Spitzen immer nur, wie bei anderen Pflanzen, eine dichte, von einer zarten Membran ringsumgebene Protoplasmamasse gefunden. Vacuolenbildung innerhalb des Protoplasmas findet sich in älteren Zellen der Pilze allgemein und wesentlich in derselben Weise wie bei anderen

Pflanzen. Die Protoplasmastreifen, welche zwischen den Vacuolen liegen, haben bei cylindrischen Pilzzellen oft die Form quergestellter, dünner Plättchen, sie sind daher früherhin nicht selten mit den der Membran angehörenden Querwänden verwechselt worden, von denen sie durch Reagentien leicht unterschieden werden können.

Zellkerne sind in den Zellen des Pilzthallus bis jetzt nicht nachgewiesen. Schachts Angaben über ihr Vorkommen und ihre unendliche Kleinheit sind nicht zuverlässig, weil er in anderen Zellen der Pilze die deutlichen Kerne mit anderen Körpern (Oeltropfen) confundirt. Die Frage nach dem Vorkommen des Zellkerns in dem Pilzthallus ist jedoch um so weniger als abgeschlossen zu betrachten, als er jedenfalls sehr klein muss, und als er neuerdings in den Fortpflanzungszellen der Pilze, wo er lange übersehen war, immer häufiger gefunden wird.

Wässerige Flüssigkeit, Zellsaft sammelt sich mit der Vacuolenbildung innerhalb des Protoplasma an; alte Zellen, zumal fleischiger Pilze, sind von ihr meist fast vollständig ausgefüllt, bis auf eine oft äusserst dünne wandständige Protoplasmaschichte. Die 86, 90 und selbst 94 Procent Wasser, welche Schlossberger und Döpping in der Substanz fleischiger Hymenomyceten fanden, kommen jedenfalls zum grössten Theil auf Rechnung des wässerigen Zellsaftes.

Die Quantität der wässerigen Flüssigkeit kann übrigens, ohne das Leben des Pilzes zu beeinträchtigen, innerhalb weiter Grenzen schwanken. Bei Trockenheit der umgebenden Luft geht eine oft grosse Menge derselben verloren: in Zellen mit fester rigider Membran treten Luftblasen an seine Stelle, zarthäutige collabiren. Reichlichere Wasserzufuhr und Beschränkung der Transpiration stellen die frühere Beschaffenheit und Turgescenz wieder her. Das abwechselnde Turgesciren und Zusammensinken ist besonders bei vielen Hyphomycetenformen (Penicillium, Botrytis u. s. w.) auffallend, deren Zellen im völlig feuchten Zustande straff gespannt und cylindrisch sind, bei spärlicherer Wasserzufuhr aber zu der Form platter, meist um ihre Längsachse gedrehter Bänder collabiren. (Vgl. z. B. Fresenius, Beitr. z. Mycol. Taf. II.)

Von anderen mit dem Mikroskop erkennbaren Inhaltsbestandtheilen haben Schlossberger und Döpping in dem ausgepressten Safte des Cantharellus cibarius Amylumkörnchen gefunden. Es ist anzunehmen, dass diese zufällig von aussen in den Saft gekommen waren, denn weder bei diesem noch irgend einem anderen Pilze hat die histiologische Untersuchung bis jetzt Stärkekörner nachweisen können. Von den scheinbaren Amylumkörnern bei Polystigma war oben die Rede.

Fett, fettes Oel fehlt wohl kaum einem Pilze. Es findet sich in Form gefärbter oder farbloser runder glänzender Tröpfchen von sehr verschiedener Grösse in dem Protoplasma oder dem Zellsafte suspendirt.

Besonders reichlich, die Hauptmasse des Zellinhalts ausmachend, sind Oeltropfen z. B. in dem Thallus von Sphaeria Stigma Hoffm.; Sph. discreta Schur., Sph. eutypa Fr., in den Sclerotien von Vermicularia minor Fr. und Claviceps purpurea (Tulasne). Letztere, das Mutterkorn, enthalten nach Winkler über 32 Procent fettes Oel (Jahrb. f. pract. Pharm. Bd. 26, p. 129). Offenbar ist in diesen Fällen das Fett wie in vielen Fortpflanzungszellen als Reservenahrung aufgespeichert.

Farbstoffe. Für die Pilze durchweg characteristisch ist der mit ihrem Ernährungsprocesse im nächsten Zusammenhange stehende Mangel von Chlorophyll und verwandten Pigmenten. Eine grosse Anzahl von Pilzen ist, zumal in der Jugend, ganz farblos. Viele, vielleicht die meisten Färbungen, welche man bei Pilzen wahrnimmt, sind jedenfalls, wie oben angeführt wurde, in der Zellmembran enthalten.

Von den dem Zellinhalt eigenen Pigmenten sind in erster Linie diejenigen zu nennen, welche die orangegelbe bis ziegelrothe Färbung so vieler Pilze — Uredineen, Tremellinen, Thelephora hirsuta, Sphaerobolus, Pilobolus, viele Pezizen, wie P. aurantia, cyanoderma und viele Andere — bedingen. Diese Färbungen rühren von Substanzen her, welche, soweit ich sie prüfen konnte, alle nach ihrer Unlöslichkeit in Wasser, ihrer Löslichkeit in Alkohol und Aether, ihrem Lichtbrechungsvermögen, den Fett- oder harzartigen Körpern zugehören. Sie sind entweder in sehr feiner Vertheilung dem Protoplasma allenthalben beigemengt, so dass sie diesem eine gleichförmige Färbung ertheilen (Uredineen, Pilobolus etc.), oder sie bilden grössere runde Tröpfchen und Körnchen, welche in dem farblosen Protoplasma oder der wässerigen Zellflüssigkeit unregelmässig zerstreut sind. Beiderlei Formen der Vertheilung kommen öfters bei derselben Species (z. B. Uredineen) vor. Dass diese gefärbten Fette verschiedene specielle Eigenschaften haben, geht theils aus den verschiedenen Nüancen des Colorits, theils aus dem verschiedenen Verhalten zu einigen Reagentien hervor.

Die rothgelbe Substanz der Uredineen nimmt[1] durch Schwefelsäure sofort intensiv blaue Farbe an, welche bald in schmutziges Grün übergeht, und dann rasch bis zur Entfärbung abblasst. Gleiches findet, nach der Angabe von Coemans, bei Pilobolus statt.

Bei den untersuchten orangefarbigen Pezizen, Tremellinen, Thelephora etc. fand ich diese Reaction nicht, die Farbe wird in Schwefelsäure blasser. Auch das schöne rothe Pigment von Polystigma rubrum, Sphaerobolus, nimmt durch die Säure nur eine etwas mehr violettrothe Färbung an.

Eine zweite Reihe von Färbungen wird hervorgebracht durch Pigmente, welche den Pilzzellen eigen sind, und, allem Anscheine nach in klarer wässeriger Lösung sowohl Membran als Inhalt der Zellen gleichmässig durchdringen. Dahin gehören verschiedene färbende Stoffe, welche sich an der Oberfläche fleischiger Schwämme finden, z. B. der scharlachrothe des Fliegenschwammes, der blaugrüne des Agaricus aeruginosus, der gelbe des Boletus luteus; ferner das gelbe Pigment von Sclerotium muscorum, der rothe von Cryptococcus glutinis Fres. (Beitr. z. Mycol. II. p. 80) u. s. w. Auf dünnen Durchschnitten erscheinen diese Pigmente so gleichmässig vertheilt, und oft so blass, dass es mir meist unmöglich war sicher zu entscheiden, ob sie der Membran, dem einen oder anderen Bestandtheile des Inhalts, oder allen gleichmässig angehören.

---

1) Gleich dem rothen Sporeninhalt vieler Algen, wie Vaucheria, Bolbochaete, Sphaeroplea, dem Pigment der Blüthen von Gorteria, Calendula, dem sogen. Augenpunkt von Euglena, Rotiferen u. s. w. Siehe Abhandl. d. Senckenb. Gesellsch. I, p. 92. Bericht der naturf. Ges. Freiburg, 1856, p. 222. — In meinen Unters. über die Brandpilze, p. 26, habe ich die Erscheinung, welche durch SO_3 allein hervorgerufen wird, irrthümlicher Weise der Wirkung von J und SO_3 zugeschrieben.

Die Dürftigkeit dieser Angaben zeigt deutlicher als jede Auseinandersetzung, wie unvollständig unsere Kenntniss der Pilzfarbstoffe ist und wie sehr alle noch genauer untersucht werden müssen.

Von den der Pilzzelle eigenen Pigmenten sind diejenigen zu unterscheiden, welche von dem Pilz unverändert aus dem Substrat aufgenommen werden. Man findet nicht selten den Inhalt von lebenden, normaler Weise farblosen Schimmelpilzen gefärbt, wenn sie Körper bewohnen, die einen löslichen Farbstoff enthalten. (Fresenius, Beitr. p. 80). Ich fand dies z. B. bei Eurotium, Mucor, Rhizopus. Auch den in der Regel farblosen Zellinhalt von Peronospora infestans Mont. fand ich mehrmals lebhaft violettroth, wenn der Pilz auf rothen und blauen Kartoffelknollen wuchs.

Ein sehr auffallendes hierher gehöriges Beispiel stellt die Peziza aeruginosa Fl. dan. dar. Dieser Pilz bewohnt das in Wäldern häufige grünfaule Holz und ist gleich diesem oft lebhaft blaugrün gefärbt. Es wird bis in die neueste Zeit vielfach angegeben, dass das grünfaule Holz durch die in ihm wuchernden Fäden des Pilzes seine Farbe erhalte, allein die Sache verhält sich gerade umgekehrt. Die Zellwände des Holzes selbst besitzen die grüne Färbung, oft ohne dass auf weite Strecken eine Spur von Pilz zwischen ihnen zu finden wäre, wie Gümbel richtig angibt. Man findet das bezeichnete Holz ungleich häufiger ohne die Peziza, als mit derselben. Der Grund der Färbung ist also keinesfalls in dem Vorhandensein des Pilzes, sondern vielmehr in dem Holze selbst, wohl wie Gümbel meint in einer besonderen Art der Verwesung desselben zu suchen. Kommt die Peziza auf solchem Holze vor, was wie gesagt verhältnissmässig selten ist, dann nehmen meist alle Theile derselben den grünen Farbstoff auf, oft in so reichlicher Menge, dass sie dunkler gefärbt sind, als das Holz selbst; und zwar durchdringt das Pigment, soweit ich es unterscheiden konnte, gleichförmig alle Theile der Zellen. Manchmal findet man übrigens einzelne Exemplare von der Peziza in ihrem oberen Theile rein weiss, zwischen anderen, mehr oder minder grün gefärbten. (Vgl. Gümbel, Flora 1858, p. 113. Bley, Archiv f. Pharmacie 1858. Vauquelin, Ann. Mus. hist. nat. Tom. VIII (1806), p. 167).

Es mag hier erlaubt sein, einer streng genommen nicht in die Betrachtung der Farbstoffe gehörigen Erscheinung zu erwähnen. Bekanntlich nimmt das ursprünglich gelbe Fleisch einiger Boleti, zumal des B. luridus, eine blaue Farbe an, sobald es mit der Luft in Berührung kommt. Schönbein hat die Erscheinung näher untersucht und gefunden, dass ein aus dem Pilze durch Alkohol ausziehbarer, wahrscheinlich harzartiger Stoff der an der Luft blau werdende ist. Die Bläuung tritt an der alkoholischen Lösung derselben unter den nämlichen Bedingungen ein, wie das Blauwerden einer Lösung von Guajacharz, und da von letzterem nachgewiesen ist, dass seine Bläuung ihren Grund in einer Verbindung mit ozonisirtem Sauerstoff hat, schliesst Schönbein auf die gleiche Ursache für die Bläuung des Pilzfleisches. Der Alkoholauszug des Boletus wird für sich allein an der Luft nicht blau: es muss daher in dem Pilze noch eine andere Substanz enthalten sein, welche den atmosphärischen Sauerstoff ozonisirt und dann mit dem blauwerdenden Harze eine Verbindung eingehen lässt, ihn an letzteres im Ozonzustande abgibt. Anderweitig nachgewiesene Erscheinungen solcher Art berechtigen zu dieser Vermuthung. In der That wird

Guajactinctur sowohl wie der Alkoholauszug des Boletus sofort blau, wenn sie auf das frische Fleisch einiger sich selbst nicht bläuender Agarici, zumal des A. sanguineus, getröpfelt werden. Der ausgepresste filtrirte wässerige Saft des letzteren erzeugt in den beiden genannten Tincturen sofort blaue Farbe. Aus diesen Erscheinungen ist zu schliessen, dass eine Anzahl fleischiger Pilze einen im Wasser löslichen Körper enthalten, der Sauerstoff absorbirt und denselben in ozonisirtem Zustande in andere Körper abgibt. Die sich bläuenden Boleti enthalten jenen Körper neben einem zweiten harzartigen, der gleich dem Guajacharz durch Ozon blau wird.

Vgl. hierüber Schönbein, Verhandl. d. Naturf. Ges. Basel. 3. Heft. 1856. p. 339. Abhandl. d. K. Baier. Akad. Bd. VII. 1855. Auch Bot. Ztg. 1856. p. 819. Ferner: Bulletin de l'Acad. de Belgique. 2e Sér. Vol. VIII, p. 365 u. 372. — Comptes rendus, 16 Jul. 1860.

Bei der Untersuchung der Pilzgewebe findet man überaus häufig Krystalle, wie schon Schmitz (Linnaea XVI, XVII), Sachs (Bot. Ztg. 1855), Tulasne (Mém. sur les Trémellinées u. Carpol. I, 115), auch Corda (Icon. I, V Doratomyces) für einzelne Fälle angeben. Die Krystalle, welche ich chemisch untersuchte (ich habe sie in der unten folgenden Aufzählung mit (*) bezeichnet), sind unlöslich in Essigsäure, lösen sich ohne Gasentwickelung in Salzsäure und Schwefelsäure, in letzterer unter reichlichem Anschiessen von Gypsnadeln; sie behalten beim Glühen ihre Form und lösen sich nach demselben in Essigsäure wie in Mineralsäuren unter lebhafter Gas- (Kohlensäure-) Entwickelung. Sie müssen hiernach aus oxalsauerm Kalk bestehen. Für andere, bis jetzt nicht analysirte Fälle (sie sind in der folgenden Aufzählung ohne *) ist die gleiche Zusammensetzung der Krystalle nach der Form und dem Vorkommen anzunehmen.

Im Innern von Zellen fand ich die Krystalle bis jetzt nur bei zwei Pilzen. Bei Russula adusta kommen kleine stabförmige Krystallchen hie und da in den blasigen Zellen des Stieles und Hutes vor. An den schmalen cylindrischen Fäden des Myceliums von Phallus caninus (*) (vgl. meine Beitr. z. Morph. d. Pilze I.) finden sich einzelne zu grossen kugeligen oder flaschenförmigen Blasen erweiterte Zellen, welche fast ausgefüllt sind von einer grossen, aus oxalsauerm Kalk bestehenden glänzenden Kugel, die ein strahlig krystallinisches Gefüge besitzt (Fig. 4).

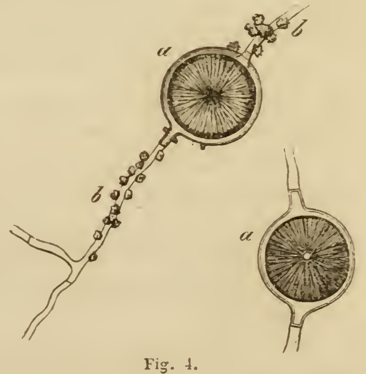


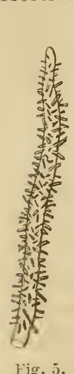
Fig. 4.

Meistens findet sich der oxalsaure Kalk auf der Aussenfläche der Pilze oder in den Interstitien ihres Gewebes, und zwar vorzugsweise in jugendlichen Entwickelungsstadien, an alten Exemplaren ist er oft wenigstens schwieriger aufzufinden. Er tritt auf entweder in Form regel-

Fig. 4. Hyphen von der Oberfläche eines Myceliumstranges des Phallus caninus, 390fach vergr. *a* Blasenförmige von einer krystallinischen Kugel oxalsauern Kalks erfüllte Zellen. *b* unregelmässige kleine Drusen dieses Salzes, der Aussenfläche der Hyphen aufsitzend.

mässiger Quadratoctaeder, oder, am häufigsten, unregelmässiger Drusen oder Nadeln oder eckiger Körnchen.

Beispiele für sein Vorkommen, sowohl auf der Aussenfläche als in den Interstitien zwischen den Hyphen, liefern zunächst viele Mycelien, die ihre weisse Farbe zum Theil jedenfalls dem Kalke verdanken. Nadeln verschiedener Grösse finden sich reichlich auf dem Mycelium von Agaricus aeruginosus (*), A. campestris (*); die freien Hyphen desselben sind von den Krystallen oft wie von Stacheln oder Härchen bedeckt (Fig. 5). Unregelmässige Drusen, Körnchen, selten Octaeder auf und in den Mycelien von Hypochnus centrifugus Tul. (*), Agaricus nebularis (*), praecox (*), dryophilus (*), Phallus caninus (*) (vgl. Fig. 4), Ph. impudicus, Sphaerobolus stellatus (*), Clathrus cancellatus (*) (auch Stäbchen). Auch in den halberwachsenen Trieben von Rhizomorpha subcorticalis liegen oft zahlreiche interstitielle Octaeder und Drusen.


Fig. 5.

Drusen und Octaeder, selten kleine Körnchen kommen häufig in den Fruchtträgern fleischiger und lederartiger Schwämme vor, theils in den Interstitien des Gewebes, theils, bei Hymenomyceten, auf der Hymenialfläche. Zahl, Grösse und Form der Krystalle wechselt nach Arten und Individuen. Beispielsweise seien genannt: Vor allen Tremella (*), Hydnum gelatinosum (*), Exidia auricula, E. glandulosa (*), Guepinia helvelloides (*), Corticium calceum, das sein kreidiges Aussehen dem oxalsauern Kalke verdankt, C. amorphum Fr. (*), C. comedens, Thelephora hirsuta (*), rubiginosa, incarnata; Stiel und Hut von Agaricus praecox, dryophilus, vulgaris, campestris, Coprinus micaceus; Lenzites; Nyctalis asterophora. Ferner: Innere Peridie von Cyathus und Crucibulum (Octaeder, nach Schmitz und Sachs), Stiel von Tulostoma mammosum (*); Geaster mammosus hat zahlreiche Octaeder und Drusen zwischen den reifen Sporen. Ferner Stiel und Cupula von Peziza tuberosa (*), Sclerotiorum (*), Fuckeliana; Stiel von Xylaria bulbosa (*), X. Hypoxylon.

Das Vorkommen des oxalsauern Kalkes dürfte hiernach unter den Pilzen sehr verbreitet sein. Vermisst habe ich denselben bis jetzt bei allen Hyphomycetenformen, Lycoperdon- und Bovista-Arten.

Eine ausführliche Zusammenstellung der chemischen Analysen von Pilzen wird der Leser hier nicht suchen. Es ist in dieser Beziehung auf die chemische Litteratur zu verweisen, zumal auf Rochleders Phytochemie, die oben citirten Aufsätze Schlossbergers und die Dissertation von A. Kaiser (siehe S. 9). Einzelnes hierher gehörige wird in der dritten Abtheilung dieser Arbeit noch zu erwähnen sein.

Was die Art der Zellentheilung anlangt, so ist hier nur hervorzuheben, dass sie bei den Pilzen in derselben Weise erfolgt, wie bei den übrigen Pflanzen (de Bary, Bot. Ztg. 1854, 429. Champ. paras. Coemans, Monogr. Pilobolus). Es ist diese Bemerkung nicht überflüssig gegenüber der irrigen Angabe von Reisseck, nach welcher die zwischen Vacuolen querstehenden Protoplasmaplättchen direct zu Cellulosequerwänden erhärten sollen. (Vgl. Bot. Ztg. 1853,

Fig. 5. Hyphenende vom Mycelium des Agaricus campestris, mit kleinen stabförmigen Krystallen oxalsauern Kalks bedeckt. Vergr. ungefähr 390.

337.) Eigenthümlich ist die Erscheinung, dass bei dem zierlichen Botryosporium pulchrum Corda's die Querwände der gabelig getheilten Hauptfäden immer in der Mitte offen bleiben.

Auch in den Hyphen derjenigen Pilze, deren Thallus typisch einzellig, d. h. eine schlauchförmige verästelte Zelle ist (Mucorinen, Saprolegnieen, Peronosporeen) beobachtet man nicht selten mehr oder minder zahlreiche, unregelmässig geordnete Querwände, theils im Alter, theils bei einzelnen zumal öfters (Peronosp. infestans) bei besonders üppigen Individuen.

Die Verzweigung der Hyphen geschieht in selteneren Fällen durch Zwei- oder Dreigabelung der jugendlichen, wachsenden Spitze (Botryosporium, Peronosporae Spec. Syzygites); in der Regel durch ächte, unterhalb des Vegetationspunktes auftretende Astbildung. Von den nach Arten sehr mannigfaltigen Formen der Zweige sind hier die Bildungen zu erwähnen, welche Hoffmann Schnallenzellen, schnallenförmige Ausstülpungen, genannt hat. Sie finden sich sehr häufig, zumal bei Agaricinen, Typhula, Hypochnus, Hymenogaster, Tuber, Peziza Sclerotiorum (vgl. Hoffmann, Bot. Ztg. 1856, p. 156. Schacht, Pflanzenzelle, Taf. VI, 13. Tulasne, Carpol. I, 115. Bail, Hedwigia I, 96, 98. de Bary, Bot. Ztg. 1859, p. 386 etc.). Sie kommen nur an septirten Hyphen vor und sind kleine, dem Querdurchmesser des Fadens etwa gleichgrosse Zellen oder Ausstülpungen, von meist unregelmässig halbkugeliger Form, welche aussen an den Querwänden dem Faden fest angedrückt und so gestellt sind, dass ihre Berührungsfläche von der Querwand in der Mitte rechtwinkelig geschnitten wird.) Sie entstehen, indem sich eine der in der Querwand zusammenstossenden Zellen dicht neben dieser wie zur Zweigbildung aussackt: die Aussackung drückt sich mit der einen Seite an den Rand der Querwand und an die jenseits dieser gelegene Zelle fest an und hört bald auf sich zu vergrössern. Entweder bleibt es hierbei, die Aussackung verbleibt in offener Communication mit der Zelle, aus welcher sie entstanden ist (so z. B. stets bei Hypochnus centrifugus Tul.); oder die Aussackung trennt sich von ihrer Mutterzelle durch eine Scheidewand, welche ziemlich genau in der Ebene der Seitenwand des Fadens liegt, und sitzt letzterem dann als besondere kleine Zelle auf, wie eine Schnalle auf einem Band. Uebergänge dieser Schnallenbildungen in verlängerte abstehende Zweige sind nicht selten. Auch kommt es vor, dass die Aussackungen von ihrer Ursprungsstelle an erst eine kurze Strecke nach aussen wachsen und dann in einem Bogen nach der jenseits der Querwand gelegenen Zelle umbiegen, um mit ihrer Spitze der letzteren fest anzuwachsen. Sie bilden somit an der Aussenfläche des Fadens ein kleines Oehr. Auch die von Tulasne und Sachs erwähnten Anschwellungen an den Hyphen des Funiculus der Nidu-

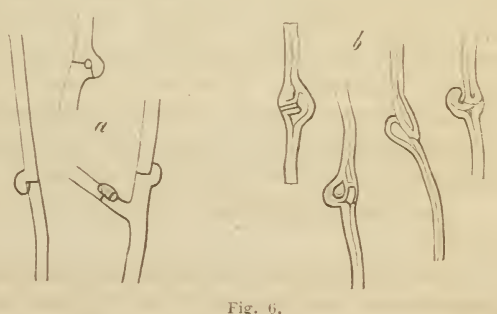


Fig. 6.

Fig. 6. Schnallenförmige Ausstülpungen. *a* Vom Mycelium des Hypochnus centrifugus Tul., Vergr. 390. *b* Vom Funiculus des Cyathus striatus, Vergr. etwa 720.

larieen sind solche Schnallenbildungen. Ihr eigenthümliches Aussehen hat seinen Grund theils in ihrer beträchtlichen relativen Dicke, theils darin, dass die Wand der Hyphen grösstentheils bis zum Verschwinden des Lumens verdickt ist, letzteres aber in den erweiterten Zellenden und Schnallenfortsätzen plötzlich sichtbar wird. Vgl. Fig. 6.

Die Verbindung der Hyphen untereinander zu den zusammengesetzten Pilzkörpern kommt meistens dadurch zu Stande, dass sie miteinander verflochten sind, je nach der einzelnen Species in verschiedener Richtung und mit verschiedener Dichtheit des Geflechtes; locker verflochten, mit weiten meist luftführenden Interstitien sind die Hyphen der »flockigen, filzigen« Gewebe (Zunderschwamm, Daedalea, Stiel und Hut der Amaniten etc.), fast bis zum Verschwinden jeglicher Intercellularräume in den festen, oft horn- und holzharten Geweben, wie z. B. der schwarzen Rinde der trockenen Pyrenomyceten, der Tuberaceen, vieler Sclerotien etc. Von der zufälligen lockeren Verflechtung gesellig wachsender Hyphomyceten bis zu der, welche die Hyphen der festen, bestimmt geformten Pilze zeigen, sind alle Zwischenstufen zu finden; manchmal kommen selbst die verschiedensten Abstufungen bei ein und derselben Species vor, wie besonders bei Penicillium glaucum, welches als ganz einfacher unscheinbarer Hyphomycet seine vollständige Entwickelung durchmachen kann, oder, auf der Oberfläche von Flüssigkeiten, seine Hyphen zu festen Häuten verflechten, die sich wie ein Tuch abheben und aufrollen lassen, oder endlich aufrechte, bis zu 2 und 3 Millim. hohe, in ein fruchttragendes Köpfchen endigende Körper bildet, die von Link den besondern Namen Coremium glaucum erhalten haben. (S. Berkeley, Crypt. Bot. 370. Hoffmann, Bot. Ztg. 1860, p. 43. Tulasne, Fung. Carpol. 103, 227).

Bei parallelem Verlaufe der Hyphen, wie z. B. im Stiele von Agaricus Mycena, Coprinus u. s. f. wird die Verbindung durch Verklebung oder Verwachsung der Membranen zu Stande gebracht; und auf dieselbe Weise wird sie in den Geflechten oft bedeutend befestigt. In harten Geweben, z. B. der Rindensubstanz vieler nichtfleischiger Pilze, sind die Aussenflächen der Hyphen oft untrennbar aneinander gewachsen, oder durch einen schmalen Streif homogener fester Substanz verklebt; in fleischigen Pilzen ist oft eine in Wasser erweichende und eine künstliche Trennung der Hyphen ermöglichende Zwischensubstanz vorhanden. In wieweit dieselbe als ein Secret der Hyphen (Intercellularsubstanz) oder als Theil der Zellmembran selbst zu betrachten sei, lasse ich unentschieden, doch scheint mir kein Grund vorzuliegen sie anders, als die Bindesubstanz der Gewebe höherer Pflanzen zu deuten.

Von den gallertartigen Geweben ist schon oben ausführlich die Rede gewesen.

Auch bei gesellig wachsenden Hyphomyceten ist eine feste Verklebung der Aussenflächen ursprünglich freier Hyphen nicht selten; meistens kommt sie so zu Stande, dass kurze Zweige eines Fadens gegen den anderen wachsen, und ihre Enden diesem fest anlegen und ankleben.

Hier schliesst sich endlich eine Form der Verbindung an, die als Verschmelzung bezeichnet sein möge, da der oft für sie gebrauchte Ausdruck Copulation darum unpassend ist, weil er nur das Verschmelzen zweier Zellen zum Zwecke bestimmter Fruchtbildungen bedeutet. Der Vorgang besteht darin,

dass die Seitenwand oder das Ende eines Fadens sich fest an einen anderen anlegt, die Membran beider an der Berührungsstelle schwindet, und die Lumina der beiden verbundenen Zellen somit zu einem einzigen vereinigt werden. Diese Verschmelzung kann man häufig zwischen den Fäden gesellig wachsender Hyphomyceten beobachten, besonders solchen, welche erst frisch aus den Keimen entstanden sind. Oft vereinigen sich viele derselben zu einem einzigen, netzförmigen Faden oder Schlauch. Aeltere, parallel laufende Hyphen treiben oft Zweige senkrecht gegeneinander, und verschmelzen mittelst dieser zu Hförmigen Figuren. (Vergl. unten Fig. 60).

Es liegt nahe anzunehmen, dass die Hförmigen Verbindungen der Hyphen, welche man im Innern des Gewebes zusammengesetzter, zumal fleischiger Pilze findet, wenigstens oft solche Verschmelzungsproducte sind. Der Verschmelzungen und Hförmigen Verbindungen geschieht mehrfach Erwähnung von Tulasne, Hoffmann (Icon. anal.) und schon Morren (Bullet. Acad. Brux. VI. [1839] p. 39).

Capitel 2.

Bau des Thallus. Mycelium.

Jede einigermassen sorgfältige Betrachtung zeigt, dass sich der Thallus fast sämmtlicher typischer Pilze aus zwei Hauptgliedern zusammensetzt. Erstlich einem in oder auf dem Substrate verbreiteten, Nahrung aufnehmenden und aufspeichernden Theile, welcher seit Trattinick (Fung. austriac. 1805) mit dem Namen Mycelium allgemein bezeichnet wird, von Necker, der sich wunderbare Vorstellungen über seine Entstehung machte, Carcithium, von Heyne und Ehrenberg Rhizopodium genannt wurde. (Necker, Traité sur la mycetologie, 1783. Ehrenberg, Epist. de Mycetogenesi. Nov. Act. Acad. L. C. Tom. X, 1821).

Das Mycelium ist immer der aus den Keimen zuerst entwickelte Theil des Thallus. Von ihm entspringen dann zweitens die Fruchtträger (Encarpium Trattinick, Receptaculum Léveillé), Körper, welche die Fortpflanzungsorgane tragen. Das Mycelium vermag ihrer bei gehöriger Ernährung oft eine grosse Zahl zu bilden.

Der Fruchtträger ist in den meisten Fällen der weitaus auffallendste Theil des Thallus; so sehr, dass er vielfach für den ganzen Pilz genommen wurde und im gewöhnlichen Leben noch genommen wird, wie z. B. bei den gestielt schirmförmigen »Schwämmen«. Sein früherhin oft übersehener Ursprung aus einem Mycelium ist jedoch gegenwärtig allgemein nachgewiesen; nur die oben als zweifelhaft bezeichneten Hefepilze haben bis jetzt ein Mycelium nicht mit Sicherheit auffinden lassen.

Bei wenigen einfachen Pilzen fehlt die Gliederung in Fruchtträger und Mycelium, die Fortpflanzungsorgane (z. B. die Asci von Protomyces, die Geschlechtsorgane der Peronosporeen) sitzen dem Mycelium unmittelbar an.

Ausser der bezeichneten Verschiedenheit ihrer Function unterscheiden sich Mycelium und Fruchtträger in der Regel durch die Art ihres Wachsthums. Die Mycelien pflegen, hinreichende Ernährung vorausgesetzt, ein unbegrenztes peri-

pherisches oder Spitzenwachsthum zu zeigen, die Fruchtträger ein Wachsthum, welches nach Ausbildung einer bestimmten Menge von Fortpflanzungsorganen thatsächlich (wenn auch nicht potentiell) begrenzt ist. Beide Theile sind daher vergleichbar einerseits den vegetativen Sprossen, andrerseits den durch Bildung einer Anzahl von Blüthen in ihrem Wachsthum factisch begrenzten Inflorescenzen phanerogamer Pflanzen. Wie bei diesen in der Dornenbildung, den Blüthenständen von Ananassa, Melaleuca, Callistemon u. s. w. typische Ausnahmen von der Regel häufig vorkommen, so finden sich solche Ausnahmen auch beim Pilzthallus in bestimmten, unten näher zu beschreibenden Fällen, wie der Sclerotienbildung, dem Wachsthum der Fruchtträger bei den Polypori placodermei, u. s. f.

Das Mycelium.

Die Mycelien sind bei ihrer Entstehung stets freie Hyphen. Entweder behalten sie diese Beschaffenheit immer, bei dem weitern Wachsthum verflechten sich die Hyphen höchstens locker, ohne zu bestimmt geformten Körpern zusammenzutreten: einfach-fädige, flockige Mycelien; oder die Hyphen vereinigen sich zu verlängerten, ästigen Strängen (fibröses, fibrillöses Mycelium), häutigen Ausbreitungen, oder knollenförmigen, compacten Körpern, Sclerotien.

1. Die einfach-fädige Myceliumform ist jedenfalls weitaus die häufigste, für die meisten Pilze ist sie allein bekannt. Ihre Beschaffenheit ist im Wesentlichen durch dasjenige beschrieben, was oben über die Pilzfäden im Allgemeinen gesagt wurde. Besondere Eigenthümlichkeiten der Hyphen sind so wenig vorhanden, dass es in vielen Fällen schwer ist, von einem sterilen Mycelium auch nur annähernd zu bestimmen, welcher Pilzspecies es angehört. Die Myceliumfäden liegen meistens einfach auf oder in dem Substrat, ohne dass besondere Haftorgane oder Saugorgane zu bemerken wären. Es gilt dies sowohl für die auf todten Körpern lebenden, als auch für die Mehrzahl der Schmarotzerpilze, wenigstens konnte ich solche Organe bei parasitischen Ascomyceten, Uredineen u. s. w. bis jetzt nicht finden.

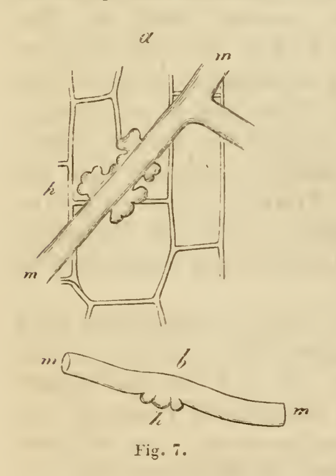


Fig. 7.

Eine Anzahl parasitischer Pilze macht hiervon eine Ausnahme. Die Myceliumfäden von Erysiphe, welche auf der Oberfläche lebender Pflanzentheile ausgebreitet sind, haben bei mehreren Species an ihrer unteren, die Epidermis berührenden Seite zahlreiche, unregelmässig gelappte Ausstülpungen, welche sich den Epidermiszellen fest anlegen und allmählich ein Braunwerden und Absterben derselben verursachen. Zanardini hat diese Organe bei dem Traubenpilze (Erysiphe =

Fig. 7. Erysiphe (Oidium) Tuckeri Berk. *a* Stück eines Myceliumfadens (*m*—*m*) auf der Aussenfläche der Epidermis einer Weinbeere kriechend und mit dem Haustorium *h* befestigt. Ansicht von aussen. *b* freipräparirtes Fadenstück von der Seite gesehen. *h* Haustorium. Vergr. 570. Nach v. Mohl, Bot. Ztg. 1853, Taf. XI.

Oidium Tuckeri) entdeckt, v. Mohl und Tulasne haben sie genauer beschrieben. Bei E. Castagnei Lév. fand ich die Myceliumfäden nur mit kleinen kreisförmigen, nicht ausgestülpten Stellen ihrer Wand der Epidermis angedrückt und aufgewachsen. Ins Innere der Epidermiszellen dringen die Saugorgane (Haustorien) von Erysiphe in den bis jetzt untersuchten Fällen nicht ein.

Unter den im Innern lebender Pflanzen vegetirenden Parasiten sind die Peronosporeen mit Haustorien versehen. Die dicken Schläuche des Myceliums dieser Pilze kriechen zwischen den Zellen der Nährpflanze, schmiegen sich diesen fest an, und treiben ins Innere derselben verschieden gestaltete Saugorgane, welche die Membran der Zellen entweder durchbohren, oder in seltneren Fällen nur tief einstülpen. Bei Cystopus (Fig. 8 *A*) sind diese Organe Aussackungen der Seitenwand des Myceliums, welche die Gestalt gestielter, kugeliger Bläschen besitzen, der sehr dünne Stiel durchbohrt die Wand der Nährzelle, die Blase liegt innerhalb derselben. Die Länge der ganzen Organe kommt dem Querdurchmesser der Myceliumschläuche kaum gleich. Bei den Peronospora-Arten sind die Haustorien theils den beschriebenen ähnlich, theils haben sie die Form verzweigter, fadenförmiger oder keuliger, ins Innere der Zellen eindringender Aeste (Fig. 8 *B*).

2. Zu häutigen Lagern verflechten sich die Myceliumfäden nicht selten bei Hyphomyceten, besonders dem schon oben erwähnten Penicillium glaucum. Die Häute bedecken sich hier meistens bald mit Fruchtträgern, und an diesen ist ihre Herkunft leicht zu erkennen. Steril wurden sie früherhin oft als besondere Pilzformen betrachtet, und die Gattung Mycoderma Pers. (Mycol. europ. p. 96) mag wenigstens zum Theil aus ihnen bestehen.

Fig. 8.

Ein aus locker verflochtenen Fäden gebildetes häutiges Mycelium von oft viele Fuss breiter Ausdehnung, welches wohl auch einem Hyphomyceten angehört, übrigens in seiner Genese und Weiterentwickelung noch gar nicht genauer bekannt ist, ist das Racodium cellare Pers. (Syn. fung. 701), das die bekannten, olivenbraunen Ueberzüge auf alten Weinfässern in Kellern bildet.

Festere Häute bilden die Mycelien, welche als Athelia Pers. und Xylostroma Tod. beschrieben sind. Erstere stellen sterile Zustände von Thelephora, Hypochnus dar. Die Xylostromen sind, wie Fries (Plantae homonemeae p. 214)

Fig. 8. *m* Myceliumfäden, kriechend in Intercellularräumen, mit Haustorien, welche die Wand der benachbarten Zellen (*z*) durchbohren und in diese eingedrungen sind. Vergrösserung 390.

A von Cystopus candidus, aus dem Marke von Lepidium sativum.

B von Peronospora calotheca, aus dem Marke von Asperula odorata.

nachgewiesen und Andere nach ihm bestätigt haben, häutige Mycelien von oft beträchtlicher Ausdehnung und Dicke (X. Suber Pers. wird 3—4 Linien dick), fester, holziger, lederartiger Consistenz, welche in faulem Holze, unter der Rinde cariöser Baumstämme u. s. w. vorkommen und unter günstigen Umständen die Fruchtträger holziger Hymenomyceten entwickeln: Polyporus abietinus, Thelephora hirsuta, crocea Schrad., suaveolens, setigera Fr., Daedalea quercina und andere Species dieser und verwandter Gattungen. Vgl. Fries, l. c. Elenchus fungor. 1, 208. Tulasne, Carpolog. p. 99, 129).

Der Bau dieser Xylostromen, von denen in Rabenhorsts Sammlungen (Herb. Mycol. Ed. 2. Cent. 171 und Fungi Europaei Nr. 100) Exemplare enthalten sind, zeigt nichts Eigenthümliches; sie bestehen aus dicht und unregelmässig verflochtenen, festen und biegsamen, dünnen Fäden.

3. Bei vielen Pilzen vereinigen sich die Hyphen des Myceliums zu verschieden dicken, grösstentheils aus parallellaufenden Fäden gebildeten Strängen, welche reich verzweigt und in ihrem äusseren Ansehen den Wurzelfasern höherer Gewächse mehr oder minder ähnlich sind. Als Beispiel hierfür nenne ich zunächst die Phalloideen (Phallus impudicus, caninus, Clathrus cancellatus). Aus zahlreichen Beschreibungen ist bekannt, dass die Fruchtkörper von Ph. impudicus von einem im Boden kriechenden Mycelium entspringen, dessen Hauptstämme cylindrisch, oft mehrere Fuss lang, bis 2 Mill. dick und in zahlreiche, verschieden starke Zweige getheilt sind. Häufig anastomosiren Zweige der verschiedenen Ordnungen miteinander, so dass das Mycelium streckenweise ein grobmaschiges Netz darstellt. Ein Querschnitt durch die stärkeren Stränge lässt eine dünne, feste, weisse äussere Lage oder Rinde und einen von dieser umschlossenen, dicken Cylinder von bräunlicher Farbe und gallertigem Aussehen (Mark) unterscheiden. Die mittlere grössere Partie der Marksubstanz besteht aus einem zähen Gallertfilz, dessen Hyphen longitudinal, leicht geschlängelt verlaufen und von ungleicher Dicke sind. Der äussere Theil der Marksubstanz wird ausschliesslich von dickeren Fäden gebildet. Die Rinde besteht aus einigen wenigen Lagen weiter, dünnwandiger Hyphen, welche in einer sehr engen Spirale fest um den Markcylinder gewickelt sind, wie der Draht einer umsponnenen Saite. Man erkennt leicht, dass diese Fäden von den peripherischen Elementen des Markes als Zweige entspringen, bogig nach Aussen laufen und dann in das Geflecht der Rinde eintreten. Sie treiben an der Oberfläche kurze abstehende Zweiglein, welche dem Strange ein kurzhaariges Ansehen verleihen. Die ganze Oberfläche des Stranges ist mit oxalsauerm Kalk bedeckt.

Bei Phallus caninus verlaufen alle Hyphen der Stränge parallel, die weisse Rinde ist durch lockerere Verflechtung der Hyphen, lufthaltige Interstitien und reichliche Ablagerung von oxalsauerm Kalk auf den Hyphen und in den oben (Seite 13) beschriebenen blasigen Zellen von der gallertigen, gelblichen, luftfreien Marksubstanz ausgezeichnet. Aehnlich verhält sich, soweit ich es untersuchen konnte, Clathrus. In den dünneren Zweigen höherer Ordnungen sind Rinde und Mark oft weniger scharf von einander gesondert, erstere jedoch immer durch Kalküberzug ausgezeichnet. Die Enden der Stränge lösen sich nicht selten in ein lockeres Fadengeflecht auf oder breiten sich zu dünnen,

weissen Häuten aus, entweder einzeln, oder so, dass mehrere zu einem Geflechte oder einer Haut zusammenfliessen. Holzstückchen, Wurzeln u. s. w. werden von letzterer oft vollständig umsponnen.

Myceliumstränge von wesentlich der gleichen Form wie die beschriebenen, verschiedener Grösse, Dicke und Farbe kommen zahlreichen zusammengesetzten Pilzen zu. So von Gastromyceten: vielen Lycoperdaceen (Lycoperdon, Scleroderma, Geaster), Hymenogastreen, Nidularieen, Sphaerobolus. Von Hymenomyceten vielen Agaricinen, z. B. Agaricus campestris, praecox, dryophilus, aeruginosus, metatus, androsaceus, Rotula. Von Ascomyceten: Arten von Elaphomyces, Genea, Peziza Rapulum Bull., P. cyanoderma m., auch das endophyte Mycelium von Polystigma stellare Lk. ist hierher zu rechnen.

Alle diese Mycelien bestehen lediglich aus longitudinalen, geraden oder leicht geschlängelten Hyphen; bei Agar. campestris, aeruginosus, praecox, Lycoperdaceen, haben die Stränge das Ansehen der dünneren Aeste von Phallus caninus und im Wesentlichen den gleichen Bau. Das Vorkommen des kleesauren Kalkes ist nach den einzelnen Arten und Gattungen, wie oben (Seite 14) erwähnt wurde, verschieden. In anderen Fällen sind die Stränge durchaus gleichartig zusammengesetzt aus locker verfilzten (Elaphomyces, Nidularieen, Scleroderma, wohl auch Hymenogastreen), oder der Länge nach fest mit einander verwachsenen Hyphen (Polystigma stellare, Agar. Rotula, metatus etc.). Wohl in allen Fällen kommen Anastomosen der Stränge, häutige oder flockige Endausbreitungen nicht selten vor.

Sehr häufig findet man im Freien sterile Myceliumstränge von der beschriebenen Beschaffenheit, welche im Waldboden, an feuchten, dumpfigen Orten, wie in Kellern, Bergwerken u. s. f. oft eine grosse Ausdehnung erhalten, ohne Frucht zu tragen. Bei der geringen Aufmerksamkeit, welche man bisher dem Studium der Mycelien zugewendet hat, ist es oft nicht möglich zu entscheiden, welchen Arten die sterilen Stränge angehören. Früherhin wurden sie für Repräsentanten eigener Species gehalten, und je nach der Gestalt, Verzweigung, Anastomosen, häutigen Ausbreitungen in besondere Gattungen vertheilt, wie Himantia Pers., Ozonium P., Hypha P., Hyphasma P., Fibrillaria P., Ceratonema P., Byssus Dill., Dematium Lk. (zum Theil), Corallofungus Vaill. Schon Palisot de Beauvois, Dutrochet, Turpin, Fries und in neuerer Zeit besonders Léveillé und Tulasne haben klar erkannt, dass diese Gebilde in der That nur sterile Formen von Pilzen sind, welche ihrer Fructification nach verschiedenen wohlbegründeten Gattungen angehören.

Den sterilen Myceliumsträngen schliessen sich wohl auch die Anthinen an, welche von Manchen (Junghuhn, Linnaea 1830, 388) mit den Himantien zusammengestellt, von Fries (Pl. homon. 169) als besondere Gattung betrachtet werden. Die Anthinen, von denen ich hier rede, und von welchen ich die Abtheilung Pterula Fr. ausschliesse, weil sie durch fruchttragende Pilzkörper ausgezeichnet zu sein scheint, sind cylindrische oder bandförmige, durchschnittlich zollhohe, bis etwa 1 Mill. dicke Pilzkörper, welche sich senkrecht von einem flockigen (in faulem Holz, Laub u. s. w. wuchernden) Mycelium erheben und in ihrem oberen Theile gabelig oder fächerförmig verästeln. Sie sind lebhaft roth (A. flammea, A. purpurea) oder blassbraun (A. pallida) gefärbt. Sie bestehen aus einem Strange paralleler, durch eine homogene Zwischensubstanz fest mit

einander verbundener Hyphen, entstanden aus dem Zusammentreten der in dem Substrat wuchernden. Indem sich das Bündel oben spaltet oder seine Fäden strahlig auseinandertreten, entstehen die gegabelten oder fächerförmigen Enden. Oefters findet man Exemplare, deren Spitzen gegen den Boden gebogen und hier in ein flockiges Mycelium aufgelöst sind, oft auch netzförmige Anastomosen. Eine Fructification fand ich bei diesen Gebilden nicht, obgleich Fries von A. flammea sagt: affusa aqua secedunt sporidia. Die kleinen, den Fäden seitlich ansitzenden Zellen, welche ich bei A. pallida hie und da gefunden und früher als Sporen bezeichnet habe, möchte ich jetzt als sehr zweifelhafte Gebilde betrachten.

Zu welchen Pilzen die Anthinen gehören, ist zweifelhaft.

Zu den Myceliumsträngen sind auch die Pilzbildungen zu rechnen, welche nach ihrer Aehnlichkeit mit alten Wurzelfasern von Gefässpflanzen den Namen Rhizomorpha führen. Die borstendicken Fäden mit glatter, glänzender Oberfläche, gebildet aus parallelen, fest verbundenen Hyphen, von denen die peripherischen mit derber, brauner, die inneren mit zarter, farbloser Membran versehen sind, welche Persoon (Syn. fung. 705) Rhizomorpha setiformis (Ceratonema hippotrichoides Pers. Myc. eur.) genannt hat, sind schon von Fries (S. M. I, 136) als das Mycelium von Agaricus androsaceus und Rotula erkannt worden. Man sieht sie oft in Menge von den Stielen dieser Pilze entspringen und sich zwischen den Tannennadeln und dem faulen Laub des Waldbodens verbreiten, diese mit ihren Aesten und Ausbreitungen umspinnend.

Nach den gegenwärtigen Kenntnissen sind auch die grossen, in faulem, in der Erde liegendem Holz, Bergwerken u. s. w. vorkommenden Rhizomorphen hier zu nennen: die Rh. fragilis Roth, wurzelähnliche dicke, reich verzweigte und durch Anastomosen oft netzförmige Stränge von dunkelbrauner Farbe, deren Hauptstämme entweder cylindrisch und bis über 3 Mill. dick (R. subterranea P.), oder, wo sie zwischen Holz und Rinde, zwischen festen Holzlagen oder in sehr engen Gesteinsspalten wachsen, zusammengedrückt, oft von der Form breiter, papierdünner Bänder sind (dies Rh. subcorticalis P.).

Von dem Bau und der Entwickelung dieser Rhizomorphen hat Schmitz schon vor 20 Jahren eine vortreffliche, von Neueren zu wenig berücksichtigte Beschreibung gegeben, welche ich in den Hauptpunkten bestätigen kann, in mancher Beziehung zu berichtigen und zu vervollständigen habe.

Die erwachsenen Stränge bestehen aus einer schwarzbraunen, papierdicken, spröden, meist glatten Rinde, welche ein weissliches, feinfilziges, zähes Mark umgibt. Die Rinde wird gebildet von mindestens 12 bis 15 Lagen von Zellreihen (Hyphen), welche der Länge des Stranges nach parallel laufen und mit einander fest und ohne Intercellularräume verwachsen sind. Die Hyphen der äusseren Lagen sind aus engeren und dickwandigeren Zellen zusammengesetzt, als die inneren, die einzelnen Zellen 2–vielmal so lang, als breit, mit derber, brauner, deutlich geschichteter Membran versehen, im Querschnitt oft polygonal. Die seitliche Verbindung der Membranen ist oft so fest, dass dieselben eine homogene Masse zu bilden scheinen; auf dünnen Querschnitten, zumal bei Einwirkung von Kalilösung, treten jedoch deutliche Grenzlinien hervor, welche die anscheinend homogene Masse in eine der Zahl der vorhandenen Zellenlumina entsprechende Anzahl von Membranen sondern.

An die Innenseite der Rinde legt sich eine meist dünne, zuweilen jedoch

die Rinde selbst an Mächtigkeit übertreffende Gewebslage an, welche hellbraun, auf dem Querschnitt sehr unregelmässig engmaschig und aus dünnen, verfilzten Fäden zusammengesetzt ist, die einerseits von den inneren Rindenelementen entspringen, nach der anderen Seite hin allmählich in die farblosen Hyphen des Markes übergehen. Dieses besteht hauptsächlich aus dünnen, etwa $^1/_{560}$ Mill. starken, der Länge nach verlaufenden und spitzwinkelig verflochtenen Fäden. Die Membran derselben ist ziemlich derb, Querwände und Zweige finden sich bei erwachsenen Exemplaren nur selten. Zwischen diesen Fäden zerstreut, aber oft in ziemlich regelmässigen Abständen von einander finden sich dünnwandige, farblose Zellen, von der Gestalt cylindrischer Schläuche, bis zehnmal so dick wie die genannten Fäden. Sie sind bei alten Exemplaren oft schwer aufzufinden. Die Interstitien des Markgeflechtes enthalten Luft.

Alte sehr starke Exemplare der cylindrischen Form (Rh. subterranea) haben oft eine unebene, runzelige Rinde, in welcher, wohl durch spätere Wucherung, die Zahl der Zellenschichten stark vermehrt und ihre Stellung unregelmässig ist. Im Innern solcher Exemplare fand ich öfters, doch nicht immer, eine braune, der Rinde concentrische Zone, von dieser durch eine schmale Schicht gewöhnlichen Markgewebes getrennt und ihrerseits einen Strang des letzteren umschliessend. Diese Zone besteht aus Fäden, welche braunhäutig und sehr fest miteinander verflochten, im Uebrigen den gewöhnlichen Elementen des Markes gleich sind, in letztere auch continuirlich übergehen. Eschweilers Darstellung vom Bau der Rhizomorphen ist wohl ohne Zweifel auf die Untersuchung solcher Exemplare gegründet.

Cultivirt man kräftige Rhizomorphen in einem feuchten Raum, so treiben sie oft schon nach acht Tagen neue Zweige. Zuerst treten an beliebigen Punkten der Oberfläche kleine (etwa $^1/_2$ — 1 Millim. grosse) weisse Flocken auf, gewöhnlich mehrere zu Gruppen zusammengestellt. Sie bestehen aus verzweigten, geschlängelten, zu einem Büschel vereinigten Hyphen, deren freie Enden farblos und zartwandig, deren Basis dagegen mit derber, brauner Membran versehen ist. Sie entspringen von den inneren Rindenzellen als Zweige, wachsen von hier aus zu einem cylindrischen Strang vereinigt senkrecht nach aussen, durchbrechen die äussersten Rindenlagen und treten dann strahlig auseinander. Diese Büschelchen sind die Vorläufer der Aeste; mit dem Erscheinen dieser verschwinden sie, man findet nur mehr ihre zerfallenden Reste. An denselben Stellen, wo aussen die Büschelchen entstehen, beginnt gleichzeitig eine Neubildung auf der Innenfläche der Rinde. Es entsteht hier ein, dichtes parenchymähnliches Gewebe, aus ziemlich weiten, unregelmässig-länglichen, sehr zartwandigen, wasserhellen Zellen bestehend, welche theils ganz ordnungslos, theils in senkrecht zur Oberfläche verlaufende Reihen gestellt sind. Soweit ich es bei der grossen Zartheit und festen Verbindung seiner Zellen entscheiden konnte, verdankt dieses Gewebe immer Sprossungen, welche von den innersten Rindenzellen ausgehen, seinen Ursprung. Seine Elemente vermehren sich rasch und beträchtlich, sie legen sich fest an und zwischen die peripherischen Markhyphen, drängen viele derselben oft dergestalt aus ihrer geraden Längsrichtung heraus, dass sie bogig durch das neugebildete Gewebe verlaufen, und heben die Rinde, mit der sie stets in festester Verbindung stehen, etwas von dem Marke ab. Unmittelbar unter den Büschelchen ist die Neubildung oft besonders

lebhaft, die Rinde wird hier zuweilen in Form eines von dem farblosen jungen Gewebe ausgefüllten Cylinders, der das Büschelchen als kurzer Stiel trägt, nach aussen gehoben.

Von dem neugebildeten Gewebe geht nach wenigen Tagen die Anlage eines oder mehrerer Zweige aus. Eine Portion jenes Gewebes wächst zu der Form einer conischen, mit der Spitze gegen die alte Rinde gewendeten Warze aus, durchbricht jene und tritt aus dem Riss als ein weisser, kegelförmiger Körper, Zweiganfang, hervor. Die oberflächlichen Zellen an der Basis dieses erhalten sofort braune Membranen; sie stellen eine aus rundlichen oder länglichen Zellen gebildete Rinde mit unebener Oberfläche dar, welche mit der Innenrinde des alten Stammes fest verwachsen bleibt. In der Mitte der Zweiganlage strecken sich die Zellen in der Richtung der Längenachse, ihre reihenweise Anordnung tritt mit der Streckung immer deutlicher hervor, sie bleiben farblos und zartwandig, mit dem unregelmässigen Scheinparenchym unter der alten Rinde in festem Zusammenhang. Gegen die Spitze der Zweiganlage convergiren die Zellreihen (Hyphen), welche sie zusammensetzen. Die axilen verlaufen gerade, die peripherischen neigen sich bogig gegen dieselben; so entsteht ein mehr oder minder abgerundetes conisches Ende, welches als der Vegetationspunkt des jungen Zweiges zu bezeichnen ist. Die Dicke der Hyphen und die Länge ihrer einzelnen Zellen nimmt gegen den Vegetationspunkt hin stetig ab; erstere beträgt hier etwa $^1/_{450}$ Mm. Alle nach dem Vegetationspunkt convergirenden Hyphen sind fest aneinandergelegt, die peripherischen stets ganz lückenlos, zwischen den axilen sind oft schon sehr früh enge lufthaltige Interstitien vorhanden. Die ganze Aussenfläche der beschriebenen Zweiganlage wird von einem lockeren Geflecht verzweigter, meist $^1/_{450}$ Mm. dicker, hie und da stärkerer Hyphen überzogen, welche als Aeste von den oberflächlichen Zellen der Zweiganlage entspringen. Zwischen diesen Fäden liegt eine homogene, farblose, in Wasser stark quellende Gallerte, daher die Oberfläche des Zweiges schlüpferig ist. — Die Dicke der jungen Zweige betrug in meinen Culturexemplaren durchschnittlich 1 Millimeter.

Nach dem Hervortreten aus der alten Rinde wächst der Zweig in die Länge, durch fortdauerndes Spitzenwachsthum aller in dem Vegetationspunkt vereinigter Hyphenenden. Dieser behält fortwährend seine ursprüngliche Beschaffenheit bei; die dicht aneinander gedrängten Hyphen sind in ihm stets kurzgliederig, reich an Protoplasma und, soweit es unterschieden werden kann, alle einander gleich. Dicht unter dem Vegetationspunkt beginnt die Streckung der Zellen und die Sonderung des Gewebes in eine axile Portion, die ich primäres Mark nennen will, und eine peripherische, die Rinde. Jenes bildet einen weissen, schmalen Cylinder, aus Hyphen bestehend, deren cylindrische, zartwandige und grösstentheils wasserhelle Flüssigkeit enthaltende Zellen schon ziemlich dicht unter dem Vegetationspunkte eine Dicke von $^1/_{75}$ — $^1/_{50}$ Mm., bei 2 — 8 mal grösserer Länge, erreichen. Zwischen den Hyphen treten luftführende Interstitien auf. Zuweilen sind die Zellen benachbarter Hyphen paarweise in Form eines H verschmolzen. Gegen die Peripherie hin werden die Hyphen des primären Marks schmäler und gehen allmählich in die der Rinde über. Diese besteht aus engen und fest aneinander gelegten Hyphen, von denen die alleräussersten in der jungen Rinde mit den übrigen in lockerem Zusammenhang, nur durch

weiche, farblose Gallerte mit ihnen und miteinander in Verbindung gehalten sind. Von ihnen entspringen die Fäden des oben erwähnten losen und von Gallerte umgebenen Geflechtes, welche den jungen Rhizomorphenzweig stets umgeben und welchen von dem Vegetationspunkt aus stets neue hinzugefügt werden. (Vgl. Fig. 9).

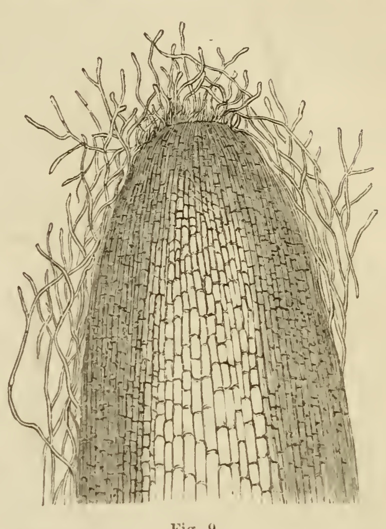


Fig. 9.

Auf eine Strecke von wenigstens 2—3 Millimeter unter dem Vegetationspunkt ist der junge Zweig immer ganz farblos. Weiter nach unten beginnt die Rinde eine immer intensiver werdende schön braune Färbung anzunehmen: zunächst sind es die Membranen von etwa sechs unter der Oberfläche gelegenen Hyphenlagen, welche sich färben, indem sie sich gleichzeitig verdicken; eine ausserhalb liegende, etwa gleichstarke Schicht zeigt die Färbung und Membranverdickung später und langsamer. Gleichzeitig mit letzterer nimmt das lockere Fadengeflecht der Oberfläche braune Farbe an, die Gallerte wird fester und weniger quellbar, gleichfalls braun. Letztere Theile entwickeln sich so zu den äusseren, engzelligen, die zuerst gefärbten Lagen zu dem inneren Rindengewebe. In wenigen Fällen sah ich auf den Hyphen der eben braunwerdenden Rinde zahlreiche farblose Zweige hervorsprossen, welche zusammen einen dichten Ueberzug von gleichhohen, rechtwinkelig abstehenden, durch Gallerte verbundenen Haaren bildeten, der später verschwand. Meistens kommen diese Gebilde nicht vor. (Fig. 10).

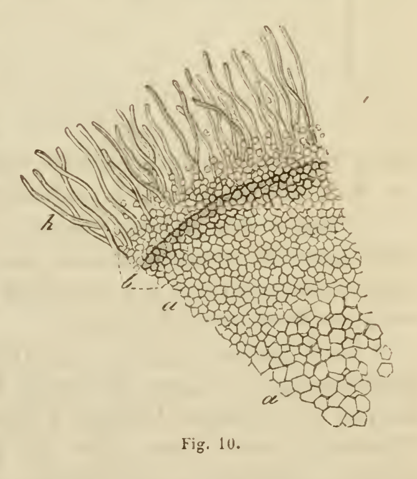


Fig. 10.

Die innersten braunen Rindenzellen und die äusseren Lagen des primären Markes dehnen sich schon vor Beginn der Braunfärbung beträchtlich in die Dicke und Breite aus; die axilen Reihen des Primärmarkes zeigen die Ausdehnung nach den bezeichneten Richtungen in geringerem Maasse, sie strecken sich nur stark (bis zum 20fachen des Querdurchmessers) in die Länge. Der Zweig nimmt daher an Umfang zu, die axilen Hyphen werden auseinandergezerrt, die luftführenden Lücken zwischen ihnen bedeutend erweitert.

Das primäre Mark hat, wie ohne weiteres einleuchtet, eine von dem Marke

Fig. 9. Rhizomorpha subcorticalis. Längsschnitt durch den Vegetationspunkt eines jungen Triebes, 100mal vergr.

Fig. 10. Rhizomorpha subcorticalis. Querschnitt durch einen jungen Trieb, 190fach vergr. *a a* primäres Mark. *b* Rinde. *h* der oft fehlende Haarüberzug.

der fertigen Rhizomorphe total verschiedene Structur. Da wo die Bräunung der Rinde anfängt, beginnt nun die Bildung des definitiven Markes. Alle innerhalb der Rinde gelegenen farblosen Zellen, sowie die innersten Rindenzellen selbst treiben nämlich jetzt, theils aus ihrer Seitenwand, theils besonders aus ihren Enden dünne, verzweigte Hyphen, welche, anfangs zartwandig, mit deutlichen Querwänden und trübem Protoplasmainhalt versehen, sich rasch verlängern und die Beschaffenheit der fertigen Markhyphen annehmen. Das Wachsthum dieser Fäden ist der Längsachse des Zweiges parallel, theils nach der Spitze, theils nach der Basis dieses gerichtet (Fig. 11); sie schieben sich allenthalben zwischen die Zellen des primären Markes, vermehren und verlängern sich, so dass sie jene bald verdrängen und zusammendrücken, und die Hauptmasse des von der Rinde umschlossenen Gewebes bilden: einen dichten, feinfädigen Strang, in welchem die Zellen des primären Gewebes zerstreut liegen, als weite, dünnwandige, manchmal nur mit Mühe aufzufindende Schläuche. Oft hat das Mark schon 1—2 Cm. unter dem Vegetationspunkte diese Structur. Aus der Basis des jungen Zweiges treten die Markfäden desselben zwischen die des alten Hauptstammes und verflechten sich mit ihnen, so dass zuletzt das Mark des letzteren sich continuirlich in das des Zweiges fortsetzt.

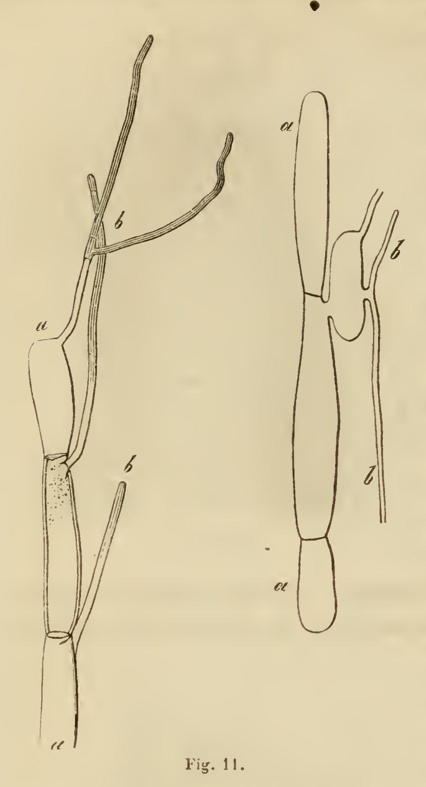


Fig. 11.

Welcher oder welchen Species von Pilzen die Rhizomorpha fragilis angehört, muss nach den Fructificationsorganen bestimmt werden, welche sich an ihnen entwickeln; nach den gegenwärtigen Beobachtungen ist dieses aber noch keineswegs mit Bestimmtheit möglich.

Nach älteren Angaben von Decandolle, Eschweiler, Acharius sollen die Rhizomorphen eine ganz eigenartige Pyrenomycetenfrucht tragen, welche Rhizomorpha als besondere Gattung legitimiren soll. Schon Palisot de Beauvois und Ehrenberg fanden aber, dass die Körper, welche man zuweilen für Fruchtbehälter anzusehen versucht ist, nichts weiter als einfache Auswüchse und Zweigrudimente sind. Aus der Beschreibung welche Eschweiler von den von ihm beobachteten fruchtähnlichen Körpern gibt, ist kein bestimmter Aufschluss über die Natur derselben zu erhalten. Decandolle fand an Rhizomorpha zerstreute oder gehäufte Anschwellungen von kugeliger Form ohne Oeffnung und mit »pulpa atra seminifera« erfüllt. Léveillé hat solche Körper beobachtet,

Fig. 11. Rhizomorpha subcorticalis. Frei gelegte Zellen des primären Markes (*a*), die dünnen definitiven Markhyphen (*b*) austreibend. Vergr. 390.

allein über ihre Bedeutung keine Gewissheit erhalten. Nach der neuesten, von Tulasne angestellten Untersuchung sind diese Körper mit kleinen Höckerchen besetzt, deren jedes von einem kleinen Loche durchbohrt wird, und welche Tulasne für alte, durch Insecten verursachte Gallen hält. Die Erzeugung von Gallen auf Pilzmycelien hat Tulasne an Thelephora lactea und Polyporus radiatus direct beobachtet.

Hiergegen spricht Fries auch noch neuerdings die bestimmte Behauptung aus, dass Hornemann reichliche Exemplare von Rh. fragilis Roth gefunden habe, welche auf ihren Zweigen zahlreiche, einzeln stehende Perithecien trugen. Fries betrachtet daher Rhizomorpha als eine besondere Gattung von Pyrenomyceten (Summa veget. Scand. p. 382).

Eine hiervon sehr verschiedene, aber gleichfalls den Rhizomorphen speciell eigene Fructification hat Otth neuerdings beschrieben. Er fand auf Rh. subcorticalis kleine, schwarze, borstendicke und 2 — 4 Millim. lange Körper, welche in ziemlich grosser Zahl der Rinde aufsitzen, gleich kleinen, rechtwinkelig abstehenden Zweiglein. Dieselben tragen an ihrer Spitze eine der Gattung Stilbum oder Graphium gleiche Fructification. Otth hält diese Körper für Organe der Rhizomorpha, Tulasne und Bail theilen diese Ansicht, während Montagne und Cesati die borstenförmigen Körper für ein auf der Rhizomorpha schmarotzendes Stilbum halten. Ich habe mich, nach Untersuchung originaler und anderer Exemplare nicht davon überzeugen können, dass die erwähnte Stilbumfructification mit dem Gewebe der Rhizomorpha selbst in einem genetischen Zusammenhange steht, doch wäre zu einem ganz sicheren Urtheil hierüber die Beobachtung der ersten Entwickelung des Stilbum nothwendig, welche bis jetzt noch Niemandem geglückt ist. Wie dem aber auch sei, so steht gegenwärtig fest, dass, wie unten angegeben werden wird, die als Stilbum bezeichneten Formen und ihre Verwandten für sich allein keine selbständigen Pilzspecies characterisiren; mit der Auffindung der Otth'schen Körper, auch wenn sie Organe der Rhizomorpha selber sein sollten, ist also die Frage nach der Fructification der letzteren keineswegs abgeschlossen.

Eine Reihe anderer Beobachter ist der Ansicht, dass die Rhizomorphen Mycelien sind, welche unter günstigen Bedingungen die für bekannte grössere Pilzspecies characteristischen Fruchtträger erzeugen. Auch hier geben aber verschiedene Beobachter verschiedene fruchtbare Pilze als die Entwickelungsproducte von Rhizomorpha an. Schon Palisot de Beauvois fand eine, der Abbildung nach kaum zweifelhafte ächte Rhizomorphe, deren Zweigenden sich zu einem unregelmässig verbreiteten Xylostroma vereinigen. Der Rand des letzteren entwickelte sich zu einem unzweifelhaften fruchttragenden Polyporus. Caspary sah neuerdings die Fruchtträger von Trametes Pini aus einem Xylostroma-Mycelium hervorgehen, welches aus einer Vereinigung der Zweige von Rhizomorpha hervorgegangen war. Aehnliches glaubt Caspary für Polyporus-Arten und Agaricus ostreatus Jacq. gefunden zu haben. Tulasne hat bestätigende Beobachtungen mitgetheilt. Er sah aus Rh. subcorticalis fruchttragende Polyporus cuticularis (Bull) und P. alneus P. sich entwickeln und in anderen Fällen wenigstens die Zweige der Rhizomorphen unter der Rinde und im Holze von Bäumen sich zu Xylostromen vereinigen, von denen bekannt ist, dass sie Mycelien von Hymenomyceten sind.

Auf der anderen Seite gibt schon Haller an, dass die fruchttragende Xylaria Hypoxylon zuweilen in eine »Wurzel« auslaufe, welche zwischen Holz und Rinde abgestorbener Bäume ausgebreitet ist, und, der Beschreibung und den citirten Abbildungen nach, der Rh. subcorticalis entspricht. Bail hat in neuester Zeit dasselbe beobachtet, ebenso Lasch. Ich habe, gleich dem letztgenannten Beobachter, öfters Weissbuchenstumpfe mit Rhizomorpha durchwuchert und aussen Xylarien tragend gefunden, bei welchen letztere öfters der Rhizomorpha aufsassen; doch blieb mir der genetische Zusammenhang beider immer zweifelhaft.

Nach diesen Angaben würden die Rhizomorphen Myceliumstränge sehr verschiedener Pilzspecies darstellen. Allein gegen die Anerkennung dieser Folgerung ist zweierlei einzuwenden. Einmal ist in keinem der mitgetheilten Fälle bestimmt und genau angegeben, ob die jeweiligen Rhizomorphen genau den oben beschriebenen characteristischen Bau der typischen Rh. fragilis, subterranea und subcorticalis hatten. Es ist daher zweifelhaft, ob es sich in allen Fällen um die wirkliche alte Rhizomorpha oder nur um ihr ähnliche Myceliumstränge handelte. Die kurze Angabe Caspary's über die Rhizomorphe der Trametes Pini macht es sogar ziemlich wahrscheinlich, dass die von ihm beobachteten Stränge eine andere als die typische Rhizomorphenstructur gehabt haben. Bail's Angaben über seine Xylarien tragende Rhizomorphe sind ungeachtet der grossen Ansprüche, mit welchen ihr Verfasser auftritt, schon darum ungenau, weil er über den genetischen Zusammenhang der Gewebstheile von Xylaria und Rhizomorpha gar nichts sagt[1].

Diesen Lücken in den vorhandenen Beschreibungen gegenüber muss die beschriebene ganz eigenthümliche Structur und Entwickelung der typischen Rhizomorphen hervorgehoben werden. Es ist in der That wenig wahrscheinlich, dass diese sich immer gleich bleibenden Eigenthümlichkeiten so ganz verschiedenen Pilzspecies zukommen sollten, wenigstens muss dies bezweifelt werden, bis der genauere Nachweis dafür geliefert ist. Dass es rhizomorphenähnliche, aber von den typischen Rhizomorphen im Bau entschieden abweichende Myceliumstränge wirklich gibt, beweist die Beobachtung von Tulasne, welcher eine Form derselben Xylaria Hypoxylon, von welcher Bail und Lasch den Ursprung aus Rhizomorpha behaupten (die Xyl. Hyp. var. cupressiformis P.) aus einem langen, schwarzen Rhizomorphastrang entspringend fand. Die weisse Mittelsubstanz des letzteren bestand aus dicken Fasern, deren Membran bis zum Verschwinden des Lumens verdickt war; sie wurde umgeben von einer schwarzen Rinde aus rundlich-tafelförmigen oder kugelig-polyedrischen Zellen. Auch die rhizomorphenartigen, bis fusslangen, im Boden verbreiteten Wucherungen von Xylaria carpophila, welche Lasch beschreibt, zeigten mir, wenigstens an 3—4 Zoll langen Exemplaren dieselbe von den Rhizomorphen verschiedene Structur wie die fruchttragenden Stiele dieser Species: eine weisse, feste Marksubstanz, aus dicht und spitzwinkelig verflochtenen Hyphen gleichmässig zusammengesetzt, nach aussen allmählich übergehend in eine fest anliegende, schwarze Rinde, die aus Hyphen gebildet wird, welche denen des Marks an Dicke gleich kommen und vereinzelte dickere Zweige tragen, die als Haare von der Oberfläche abstehen.

---

1) Nachträgliche Anmerkung. Bail hat kürzlich (Flora 1864, p. 559) mitgetheilt, dass seine Xylarien nicht aus der Rhizomorpha entspringen, sondern derselben bloss aufsitzen.

4. Eine besondere Form des Myceliums sind die Sclerotien, knollenförmige Körper, von verschiedener Gestalt und knorpeliger, fleischiger oder korkartiger Consistenz. Seit Tode wurden die Sclerotien lange Zeit als besondere Pilzgattung betrachtet, characterisirt durch die eben angedeuteten, von der Form und Consistenz hergenommenen Merkmale, aber ohne deutliche Fructification. Fries beschreibt im Syst. mycol. u. Elenchus einige 50 Arten, in späteren Zeiten wurde die Artenzahl auf 70 bis 80 vermehrt[1]). Obgleich man längst beobachtet hatte, dass die Fruchtträger verschiedener Pilze, wie Botrytis, Typhula, Agaricus aus Sclerotien hervorwachsen, war es doch erst Léveillé, welcher 1843 nachwies, dass die Sclerotien nichts weniger als Repräsentanten eines selbständigen Genus, sondern vielmehr eine Form des Myceliums sehr verschiedenartiger Pilze sind. Léveillé's Ansicht wurde lange wenig beachtet, bis in neuester Zeit Tulasne auch hier neue Anregung und Aufklärung brachte, und dadurch zahlreiche weitere Arbeiten ins Leben rief.

Man kennt jetzt von einer ziemlich grossen Anzahl Sclerotien die Entwickelung, besonders die Fruchtträger, welche aus ihnen hervorgehen. Andere sind noch minder genau bekannt, so dass in der Nomenclatur noch manche mit den alten Sclerotium-Artnamen, andere mit den richtigen Speciesbenennungen zu bezeichnen sind. Die Pilze, von denen man bis jetzt ein Sclerotienmycelium mit Sicherheit kennt, sind aus den verschiedensten Ordnungen und Familien, und es ist nach den vorliegenden Thatsachen mehr als wahrscheinlich, dass ihre Zahl durch genauere Untersuchung gewaltig vermehrt werden wird. Es wird zweckmässig sein, hier zuerst eine Aufzählung der sicher bestimmten bekannten Pilzspecies, welche Sclerotien bilden, mit Hinzufügung des alten Artnamens der zugehörigen Sclerotien zu geben.

Botrytis cinerea P. (= Polyactis sclerotiophila Rabh.) aus Scl. durum. — Botr. erythropus Lév. (Beide gehören, wie im 6ten Capitel nachgewiesen werden wird, in den Formenkreis von Peziza-Arten). — Typhula erythropus (aus Scl. crustuliforme Desm.), T. lactea Tul., T. Todei Fr., T. caespitosa Ces., T. gyrans, T. Euphorbiae Fuckel (aus Scl. Cyparissiae DC.?), T. variabilis Riess (aus Scl. Semen T. und Scl. vulgatum Fr.!) — Pistillaria phacorhiza Fr. (sclerotioides), Pist. micans (aus Scl. laetum Ehr.), P. hederaecola Ces. — Clavaria[2]) complanata (Scl. complanatum Tod.), Clav. scutellata, Clav. minor Lév. — Agaricus arvalis (Scl. vaporarium), Ag. racemosus P. (Scl. lacunosum), Ag. tuberosus Bull (Scl. cornutum), Ag. grossus Lév., Ag. fusipes Bull, Ag. cirrhatus (Scl. truncorum Fr. nach Tulasne). (Viel-

1) Einzelne der früher als Sclerotien beschriebenen Körper sind keine Pilze; so die Wurzelknöllchen von Leguminosen (vgl. Treviranus, Bot. Ztg. 1853, p. 393), welche in den mycologischen Werken (Fries, Syst. Myc. II, 250) als Scl. rhizogonum P., Scl. Medicaginum, Lotorum Biv. aufgeführt werden. Die Bedeutung der oft faust- und kopfgrossen, unterirdischen Pilzknollen: Sclerotium stipitatum Berk. aus Malabar, Sclerotium Cocos Schweinitz (Tukahu der Amerikaner) aus Nordamerika, des Hoelen, Tschuling der Chinesen, auch der neuholländischen knollenförmigen Mylitta australis Berk. ist noch zweifelhaft. Mylitta Pseudacaciae Fr. gehört nach Tulasne zu den Gallen.

2) Clav. complanata nenne ich die aus dem Scl. compl. Tode, Clav. scutellata die aus dem Scl. scutellatum AS. sich entwickelnde Form. Beide würden nach der älteren Abgrenzung der Arten zu Clav. juncea gehören, sind aber durch die Sclerotien sehr gut unterschieden.

leicht, doch sehr zweifelhaft, Ag. volvaceus aus Scl. mycetospora, Nees in Nov. Act. Ac. Nat. Curios. XVI, 1). Agar. Tuber regium Fr. Noch näher zu bestimmende Agarici aus Scl. pubescens P. und Scl. fungorum. Agar. Sclerotii Kühn aus einem auf Rüben wachsenden Sclerotium. — Coprinus stercorarius Fr. (Scl. stercorarium), Copr. spec. (aus »Scl. varium« Tulasne). — Hypochnus centrifugus Tul. — Polyporus Tuberaster Jacq. — Tulostoma brumale Fr. (Tulasne). — Peziza Candolleana Lév. (Scl. Pustula DC.), P. Fuckeliana n. sp.[1] (Scl. echinatum Fuck.), Pez. Sclerotiorum Lib. (Scl. compactum, varium), Pez. Curreyana Berk. (Scl. roseum Kneiff), P. Duriaeana Tul. (Scl. sulcatum Desm.), Pez. ciborioides Fr. (Hoffmann), Pez. tuberosa Bull, Pez. Tuba Batsch (Micheli). — Claviceps purpurea, microcephala, nigricans Tul. (Scl. Clavus DC.), Clav. pusilla Ces. — Hypomyces armeniacus Tul. — Vermicularia minor Fr. (Tul.) — Xylaria bulbosa P. scheint sich hier anzuschliessen.

Zweifelhaft scheint es mir, ob sich die Formen von Mucor, Penicillium, Stachylidium, von welchen solches durch Berkeley, Léveillé, Corda angegeben wird, wirklich aus den Sclerotien entwickeln und nicht bloss auf denselben angesiedelt waren.

Die Sclerotien finden sich, je nach der Species der sie angehören, auf oder in dem Erdboden, oder lebenden oder abgestorbenen Pflanzentheilen. Form und Grösse sind gleichfalls nach der Species verschieden. Senfkorngrosse Kügelchen stellen z. B. die Sclerotien von Typhula variabilis meistens dar, unregelmässig gestaltete, bis zollgrosse Brocken die von Peziza Sclerotiorum, tuberosa u. s. w.

Ueber den Bau dieser Körper sind, mit Ausnahme der trefflichen Arbeit Tulasne's über Claviceps, nur sehr wenig genaue Untersuchungen vorhanden. Einzelnes haben Corda, Bail, Coemans, Hoffmann geliefert. Aus der Untersuchung von etlichen und zwanzig Formen, welche mir zu Gebote standen, ergibt sich, dass die Sclerotien allerdings alle in den gröbsten Verhältnissen des Baues übereinstimmen; alle bestehen aus einem gleichförmigen, compacten Gewebe (ich will es Mark nennen), welches von einer Rinde oder Oberhaut besonderer Structur rings umgeben wird. Nur bei einer Form fehlt die Rinde. Dagegen sind die feineren Structurverhältnisse nach den einzelnen Arten sehr verschieden, oft selbst bei solchen Sclerotien, welche sich äusserlich sehr ähnlich sehen und früherhin als eine und dieselbe Art betrachtet worden sind. Es ist gewiss, dass schon die Berücksichtigung des feineren Baues zur Unterscheidung von zahlreicheren Formen als bisher führen muss. Die Sclerotien verschiedener Arten einer Gattung sind im Bau einander oft ähnlich, oft sehr von einander verschieden. Ich gebe im Folgenden eine Uebersicht von den Structureigenthümlichkeiten solcher Sclerotien, welche lange bekannt sind und meist längst bekannten Pilzen angehören. Eine Anzahl unbeschriebener Formen, die ich untersucht habe, übergehe ich.

a. Die Sclerotien von Peziza tuberosa, Sclerotiorum, Candollei, Fuckeliana (Scl. compactum, varium, bullatum, Pustula, echinatum, durum, denen sich

1) Mit obigem Namen bezeichne ich die anderweitig ausführlich zu beschreibende der P. Candolleana nahe verwandte Peziza, die auf Rebenblättern kleine, schwarze Sclerotien (Scl. echinat. F.) bildet.

das in seiner Weiterentwickelung noch unbekannte Scl. areolatum anschliesst) sind mit einer dünnen, schwarzen, glatten oder rauhen Rinde und einem im trockenen Zustand weissen oder weisslichen Marke versehen. Letzteres ist ein festes, knorpeliges Gallertgewebe, ohne alle oder mit sehr vereinzelten luftführenden Lücken. Seine Fäden sind cylindrisch, weit, septirt, nach allen Richtungen durcheinandergeflochten; auf dünnen Durchschnitten haben daher ihre Lumina alle möglichen Formen, je nachdem sie der Schnitt quer oder schräg oder der Länge nach getroffen hat. (Fig. 12).



Fig. 12.

Der Inhalt der Zellen ist im feuchten Zustande fast nur wässerige Flüssigkeit, im trockenen Luft.

Gegen die Rinde hin werden die Fäden kurzgliederig, Durchschnitte zeigen daher hier vorherrschend rundliche Zellenumrisse.

Die Rinde selbst besteht aus isodiametrischen, rundlich-eckigen Zellen, welche eine derbe, schwarzbraune Membran haben und fest untereinander verwachsen sind. Bei kleinen Formen (Fig. 12) ist sie nur aus einer bis zwei, bei grösseren (Pez. tuberosa, P. Sclerotiorum) aus drei bis vier und mehr Zellenlagen gebildet. Im letzteren Falle sind die Zellen meist in unregelmässige, radiale, zur Oberfläche senkrechte Reihen geordnet. Es ist meistens leicht nachweisbar, dass die Elemente der Rinde die oberflächlichsten Glieder der das Mark zusammensetzenden Hyphen sind.

Die Weite der Hyphen ist nach den Arten und theilweise auch nach den Individuen verschieden, sie scheint im Allgemeinen um so beträchtlicher zu sein, je grösser das Sclerotium ist.

Eine Anzahl der hierher gehörigen Formen kommt auf der Oberfläche faulender Pflanzentheile oder im Boden, andere innerhalb faulender Pflanzentheile vor. Jene (z. B. Pez. tuberosa, häufig P. Sclerotiorum) zeigen den beschriebenen Bau ganz rein. Von den anderen schliessen manche (wie manchmal Pez. Sclerotiorum, Scl. durum) häufig einzelne abgestorbene Zellen oder grössere Gewebsportionen des Pflanzentheiles, den sie bewohnen, in ihre Substanz ein, was schon Corda beschreibt. Die eingeschlossenen fremden Körper sind ganz unregelmässig und unbeständig in dem Marke zerstreut, in manchen Fällen von einer Schichte schwarzbrauner Rindenzellen umgeben.

Die kleineren Sclerotien dieses Typus dagegen, welche ausschliesslich auf faulen Blättern vorkommen (Scler. areolatum Fr., Peziza Candolleana Lév., P. Fuckeliana) nehmen an den Punkten, wo sie sich entwickeln, regelmässig von der Blattsubstanz Besitz. Sie stellen schwielenartige Anschwellungen des Blattes dar, welche aus den Gewebselementen des Sclerotium bestehen, zwischen denen die abgestorbenen des Blattes mehr oder minder verschoben und auseinandergedrängt eingelagert sind. Die Art und Weise wie das Sclerotium das Blattgewebe occupirt ist nach Species verschieden. Das Sclerotium der P. Fuckeliana bewohnt nur das Parenchym und die Oberhaut der Weinrebenblätter, zuweilen

Fig. 12. Stück eines dünnen Querschnittes durch ein Sclerotium von Peziza Fuckeliana, 390fach vergr. *r* Rinde.

überwuchert es aber selbst die Haare, so dass es stachelig erscheint; es kommt häufig längs der Blattrippen vor, aber immer nur ausserhalb der Holzbündel. Das von Peziza Candolleana auf Eichenblättern fand ich ebenfalls nur im Blattparenchym, Scler. areolatum Fr. dagegen drängt sich zwischen alle Formelemente der Prunus-Blattrippen ein.

b. Einen von dem ersten Typus wenig verschiedenen Bau haben die Sclerotien mehrerer Hymenomyceten, nämlich des Agaricus cirrhatus P. (?) und Agar. tuberosus Bull (Scler. fungorum, pubescens, cornutum) und des Hypochnus centrifugus Tul. Der Hauptunterschied von dem Typus *a* beruht darin, dass die Wand ihrer Rindenzellen nicht schwarz, sondern gelbbraun gefärbt ist; die Oberfläche der Rinde ist meistens ziemlich glatt, bei Hypochnus centrifugus uneben oder filzig durch einzelne bleibende Reste der Hyphen, welche das jugendliche Sclerotium umgeben. Die Fäden des Markgewebes und ihre Membranen haben je nach der Species verschiedene Dicke; sie enthalten meistens wässerige Flüssigkeit resp. Luft, bei Hypochnus centrifugus Oeltropfen. Auch bei denjenigen der genannten Sclerotien, welche sich, wie Scl. fungorum häufig, im Innern faulender Pflanzentheile entwickelt haben, fand ich niemals Gewebselemente der letzteren in dem Marke des Sclerotiums eingeschlossen.

c. Etwas abweichend von dem beschriebenen ist der Bau eines in Rabenhorst's Herb. mycol. Nr. 1791 enthaltenen Sclerotium, dessen Bestimmung als Scl. stercorarium jedenfalls unrichtig, dessen Herkunft zweifelhaft ist. Sein weisses Markgewebe besteht aus cylindrischen, dünnwandigen, wässerige Flüssigkeit enthaltenden Hyphen, meist ziemlich locker verflochten, mit lufthaltigen Interstitien. Gegen die Oberfläche hin geht das Mark allmählich über in eine vielschichtige Hülle von engeren Fäden, welche vorzugsweise parallel der Peripherie verlaufen und zu einem dichten, völlig luftfreien Gewebe verbunden sind. Die inneren Lagen dieses Gewebes sind farblos, nach aussen zu werden die Membranen allmählich gelbbraun, die der äussersten Lagen sind bis zu sehr beträchtlicher Verengerung des Lumens verdickt; das ganze Sclerotium ist somit von einer festen, mehrschichtigen, unebenen Rinde umgeben.

d. Das lebhaft gelb gefärbte, jedenfalls auch einem Agaricus angehörende Scl. muscorum besteht aus einem Geflecht weiter, dünnwandiger Hyphen mit engen, lufthaltigen Interstitien. Die Hyphen sind ordnungslos theils aus gestreckt-cylindrischen, theils aus kurz-blasigen Zellen zusammengesetzt. Letztere enthalten eine homogene, trübe, gelbliche Protoplasmamasse, oder wässerige Flüssigkeit, in welcher gelbe Oeltröpfchen suspendirt sind. Die Oberfläche des Sclerotium ist für das blosse Auge etwas dunkler gefärbt, als die Mitte, auf Durchschnitten zeigt aber das Mikroscop überall die gleiche Structur, Mark und Rinde sind nicht deutlich von einander zu unterscheiden. Einzelne Zellen der Oberfläche ragen als cylindrische Papillen nach aussen hervor.

e. Das Sclerotium des Coprinus stercorarius Fr. (Scl. stercorarium DC. Fr. »liberum subrotundum nigrum . . . intus album«) hat in seinem schneeweissen Mark einen ähnlichen Bau, wie Scl. muscorum. Dasselbe stellt ein Pseudoparenchym dar, aus weiten, unregelmässig rundlichen oder länglichen, ausgebuchteten Zellen und einzelnen cylindrischen Hyphen gebildet, alle Zellen sind sehr dünnwandig und von einer farblosen, gleichförmig-feinkörnigen, ziemlich stark lichtbrechenden Substanz (Protoplasma?) gefüllt, welche sich, aus den

verletzten Zellen ausgetreten, in Wasser vertheilt und dieses trübt. Diese Zellen bilden ein dichtes, im trockenen Zustande hartes Gewebe, mit zahlreichen, engen, lufthaltigen Lücken. Gegen die Peripherie hin werden die Zellen des Markes plötzlich kleiner. Die Oberfläche des Sclerotium wird von einer, dem blossen Auge schwarzen', im trockenen Zustande runzeligen, festen Rinde gebildet. An der Grenze des Markes zeigt diese vier bis fünf unregelmässige Lagen kleiner Zellen, von der Gestalt und Grösse der äussersten Zellen des Markes, aber mit brauner Membran und wie es scheint stets wasserhellem Inhalt. Diese Schicht wird umgeben von der aus drei oder mehr Lagen grosser Zellen bestehenden oberflächlichen Rindenschicht. Die Zellen der letzteren sind meist von unregelmässig rundlicher Gestalt, an Umfang den grössten Markzellen mindestens gleich, sie haben eine dunkle, violettschwarze Membran und enthalten Wasser, resp. Luft. Von denjenigen dieser Zellen, welche die äusserste Oberfläche der Rinde bilden, ragen viele unregelmässig über die anderen nach aussen vor, manche verlängern sich zu kurzen, unregelmässigen Haaren oder Papillen, bei anderen ist der nach aussen gewendete Theil der Membran unregelmässig zerrissen — daher die Rauheit der Oberfläche.

f. Die Sclerotien von Clavaria complanata, Cl. scutellata, Typhula Laschii, Typh. Euphorbiae Fuck. und andere gleichfalls wohl zu Typhulae oder Pistillarien gehörige, wie Scl. fulvum Fr., haben die gallertartig-knorpelige Marksubstanz des Typus *a*, hinsichtlich der Dicke und Festigkeit der Membranen sind geringe Artverschiedenheiten vorhanden. Der Inhalt der Hyphen besteht aus klarer oder von spärlichen Körnchen durchsäeter wässeriger Flüssigkeit, nur Scl. fulvum zeigt die Fäden von homogen trübem Protoplasma dicht erfüllt. Die Rinde dieser Formen ist eine einfache Lage gleichhoher und mit ihren Seitenwänden lückenlos verbundener Zellen, welche deutlich als

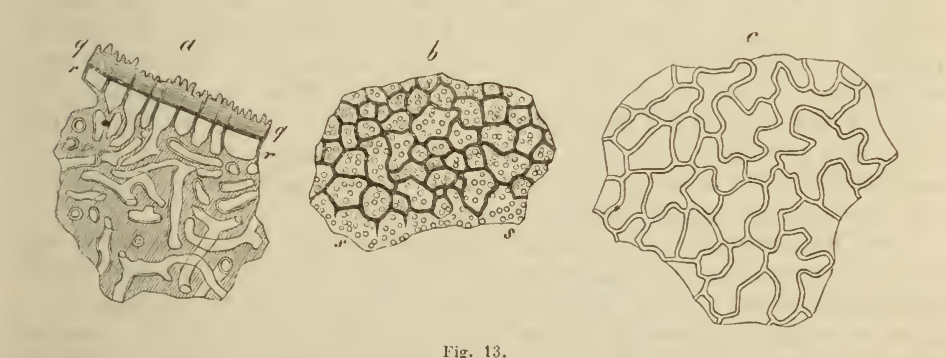


Fig. 13.

peripherische Glieder der Markhyphen zu erkennnen sind, so unähnlich sie diesen auch in der Structur sein mögen. Die Zellen haben tafelförmige oder kurz

Fig. 13. *a* und *b*. Sclerotium der Clavaria scutellata. *a* Stück eines dünnen Querschnittes, *r* Rindenzellen, *q* Cuticularschichten derselben. *b* Stück der Rinde, flach ausgebreitet, von Aussen gesehen, bei *s*, am Rande des Präparats, ist nur die warzige Aussenseite der Cuticularschichten, ohne die Seitenwände der Zellen vorhanden. Vergr. 390. — *c*. Flach ausgebreitete Rindenschicht des Sclerotium von Clavaria complanata, von aussen gesehen. Vergr. 390.

prismatische Gestalt, ihre Seitenwände sind häufig wellenförmig ausgebuchtet, Innen- und Seitenwände wenig, die Aussenwände dagegen sehr stark und nach Art der Cuticularschichten von Gefässpflanzen verdickt, mit glatter (Fig. 13 *c*) oder warziger (Fig. 13 *a*, *b*) Aussenfläche. Die Rinde gleicht somit auffallend der derben, spaltöffnungsfreien Epidermis vieler Gefässpflanzen.

g. Bei den Sclerotien von Typhula variabilis Riess, Peziza Curreyana und nach Bail's Angaben auch von Typhula phacorhiza Fr. hat die Rinde im Wesentlichen den gleichen Bau, wie beim vorigen Typus. Dagegen ist die weisse oder rosenrothe (P. Curreyana) Marksubstanz aus einem mit unzähligen lufthaltigen Lücken versehenen Geflechte cylindrischer Hyphen gebildet. Diese sind bei Typhula zartwandig, mit dicht körnigem Inhalt, bei P. Curreyana mit verdickter, geschichteter Membran versehen. Bei letzterer Art wird das Markgeflecht nach der Oberfläche zu dichter, dem des Typus *a* ähnlicher.

h. Die stumpf dreikantigen hornförmigen Körper, welche sich in den Blüthen von Gräsern und Cyperaceen entwickeln, das sogenannte Mutterkorn (Ergot), sind, wie durch Tulasne's Untersuchungen bewiesen ist, die auf Kosten der Fruchtknoten entwickelten Sclerotien von Claviceps-Arten. Sie bestehen bei der Reife der Hauptmasse nach aus einem schmutzig weissen Gewebe (Mark), welches von einer violettbraunen Rinde umgeben wird. Das Mark hat die Beschaffenheit eines Pseudoparenchyms, von cylindrisch-prismatischen Zellen, die durchschnittlich ein- bis viermal so lang als breit sind, gebildet. Die Zellen sind deutlich in gerade oder geschlängelte Längsreihen geordnet, von welchen durch die Entwickelungsgeschichte leicht nachgewiesen werden kann, dass sie die Eigenschaften der Pilzhyphen besitzen. Auch in reifen Sclerotien ist dieses häufig noch deutlich zu erkennen; im Innern derselben befinden sich nämlich nicht selten Risse und Spalten, welche von einem dünnen Filz ausgekleidet oder locker erfüllt werden. Durchschnitte zeigen, dass dieser aus einem Geflecht von Hyphen besteht, welche als Aeste von den Zellreihen des dichten Gewebes ausgehen und, ausser der lockeren Verflechtung, die gleiche Beschaffenheit wie letztere besitzen. — Gegen die Oberfläche des Sclerotium hin ist das Markgewebe in der Regel kurz- und weitzelliger, als in der Mitte. Die Zellen sind allenthalben mit einer ziemlich derben, farblosen Membran versehen und untereinander meistens nach allen Seiten hin fest und lückenlos verwachsen. Sie enthalten grosse, farblose Oeltropfen.

Die Marksubstanz wird zunächst umgeben von einer allenthalben fest mit ihr verwachsenen inneren Rindenschicht: eine bis zwei Lagen von Zellen, deren Inhalt kein Oel zeigt, deren Membranen stark, aussen oft mehr als innen verdickt und dunkel violettbraun gefärbt sind. Um diese innere geht eine äussere Rindenschichte, gebildet aus wenigen oder bis zu zwanzig Lagen longitudinal geordneter oder unregelmässig verzweigter Zellreihen. Ihre Zellen sind eng und mit blass braunvioletter Membran versehen. Sie bildet den feinen, blassvioletten, oft längsstreifigen oder unterbrochenen Reif, welcher das frische Mutterkorn aussen bedeckt und sich von der festen Innenrinde leicht abbröckeln oder abreiben lässt.

Was die Entstehung der Sclerotien betrifft, so entwickeln sich alle als secundäre Bildungen auf und aus einem zuerst vorhandenen (primären) fädigen oder flockigen Mycelium. Die Hyphen dieses letzteren zeigen an be-

stimmten Stellen besonders üppiges Wachsthum, verflechten sich zu einem dichten, anfangs überall gleichartigen Pilzkörper, dieser differenzirt sich zuletzt in Mark und Rindenschicht und grenzt sich durch letztere von dem primären Mycelium ab. Die speciellen Vorgänge dieser Entwickelung sind nach den Arten verschieden.

Für die häufigst vorkommende Entwickelungsweise liefert Peziza Sclerotiorum das beste Beispiel. Auf dem über das Substrat verbreiteten flockigen primären Mycelium erhebt sich der erste Anfang eines Sclerotium als ein Büschelchen locker verflochtener Fäden, Zweige der primären, zartwandigen Hyphen, diesen in allen Stücken gleich. Durch lebhaftes Wachsthum und Verzweigung seiner Fäden wächst der Büschel rasch zu einem dichten weissen Ballen von der Grösse des Sclerotiums heran; bis diese Grösse erreicht ist, bleibt der Bau der Fäden der ursprüngliche, die Dicke der neugebildeten Zweige wird oft geringer als die der primären Hyphen, ihre Beschaffenheit ist in allen Regionen des Ballens die gleiche. Die Lücken des Geflechts sind lufthaltig, die Oberfläche durch abstehende Hyphenzweige feinhaarig, das Ganze weich, leicht auf ein verschwindend kleines Volumen zusammenzudrücken. Durch Neubildung in seinem Innern nimmt das Geflecht nun fortwährend an Dichtigkeit und Festigkeit zu. Zuletzt tritt die für die Species characteristische Verdickung der Membranen, gleichzeitig das Verschwinden der lufthaltigen Interstitien und die Differenzirung in Mark- und Rindenschichte ein. Dieser Ausbildungsprocess beginnt im Innern des Geflechtes und schreitet rasch gegen die Peripherie hin fort. Die oberflächliche Lage des weissen Ballens nimmt an denselben aber keinen Theil, sie verbleibt eine Zeit lang als weisser Filzüberzug über der sich von ihr abgrenzenden Rinde, um zuletzt zu collabiren und unkenntlich zu werden. Das reife Sclerotium löst sich als scharf umschriebener Körper von seiner filzigen Umgebung ab.

Wesentlich die gleiche Entwickelung haben die in der Regel auf der Oberfläche des Substrats entstehenden Sclerotien von Coprinus stercorarius, Agaricis (Sclerotium fungorum, pubescens etc.), Hypochnus centrifugus (bei welch letzterem ein Theil der Fäden des oberflächlichen Geflechtes derbwandig wird und als persistente Haare auf der fertigen Rinde verbleibt). Auch die Entstehung der Sclerotien von Peziza Fuckeliana und Verwandten (Scler. durum) erfolgt in wesentlich der gleichen Weise, mit Modificationen, die sich aus ihrer Bildung im Innern des Substrats von selbst ergeben.

Die kugeligen, meist 1—2 Mm. grossen Sclerotien von Typhula variabilis entwickeln sich im Winter und Frühling auf faulem Laube. Das zarte, fädige Primärmycelium ist in dem Parenchym der faulen Blätter verbreitet; wo ein Sclerotium entsteht, tritt ein Bündel seiner Fäden an die Oberfläche, um sich hier zu einem glatten, weissen, kugelichen Körperchen zu verflechten, welches dem Blatte mittelst eines kurzen, dünnen Stielchens aufsitzt. Die Kugel vergrössert sich rasch durch Bildung neuer Zellen und Zweige in allen ihren Theilen. Sie ist zunächst aus lauter gleichartigen, protoplasmareichen, zartwandigen, stark verästelten Hyphen gebildet, diese dicht, doch mit lufthaltigen Interstitien verflochten. Nur diejenigen Theile der Hyphen, welche die äusserste Oberfläche der Kugel bilden, sind von Anfang an dicht und lückenlos aneinandergedrängt; bei Untersuchung sehr junger Entwickelungszustände erkennt

man, dass die Oberfläche aus einer Schicht kurzer, gleichhoher Zellen gebildet wird, den Endzellen zahlreicher nach der Peripherie hin laufender Hyphenzweige. Anfangs sind diese Zellen zartwandig, gleich den übrigen Theilen der Fäden, ihre Membran farblos, ihr Inhalt Protoplasma. In der Mitte der Kugel dauert das Wachsthum durch Neubildung von Hyphenzweigen noch längere Zeit fort; das Mark nimmt hierdurch bedeutend an Umfang zu, die Dicke seiner Hyphen wächst höchstens auf das Doppelte der ursprünglichen, ihre Verflechtung bleibt die gleiche wie Anfangs. Zwischen die Zellen der oberflächlichen Schicht werden schon in sehr frühem Entwickelungsstadium keine neuen eingeschoben, dagegen dehnen sich die vorhandenen nach allen Seiten aus, und in der Richtung der Kugeloberfläche stark genug, um stets eine ununterbrochene Schicht zu bilden. Ihre Seitenwände erhalten dabei die oben erwähnten unregelmässig welligen Ausbuchtungen, ihr Protoplasmainhalt verschwindet, die Membranen verdicken sich um den oben beschriebenen Cuticularüberzug zu bilden und färben sich dabei gelb (Scl. vulgatum Fr.) oder zuerst gelb, dann blass- und endlich dunkel schwarzbraun (Scl. Semen). Sobald die Ausbildung und Färbung der Rindenschicht beginnt, erkennt man, dass sie sich auch an der Insertion des Stieles über eine in der Richtung der Kugeloberfläche verlaufende Zellschicht fortsetzt. Die Kugel wird somit von ihrem Stielchen scharf abgegrenzt, dieses schrumpft und vertrocknet, das Sclerotium löst sich von seiner Ursprungsstelle leicht ab.

Ganz ähnlich erfolgt die Entwickelung des Sclerotium von Clavaria complanata und ohne Zweifel aller, die dem oben mit *f* bezeichneten Structurtypus angehören.

Mehrfache, durch den Parasitismus des primären Myceliums und die Bildung der sogenannten Sphacelia bedingte Eigenthümlichkeiten zeigt die Entstehung des Sclerotiums von Claviceps, des Mutterkorns. Tulasne hat dieselbe zuerst genau dargestellt und hierdurch die alte Ansicht Decandolle's, dass das Mutterkorn ein Pilz sei, sicher begründet, die entgegengesetzten Meinungen, nach welchen es ein degenerirtes Ovarium sein soll, beseitigt. Der Pilz beginnt seine Entwickelung in der ganz jugendlichen, von den Spelzen umschlossenen Grasblüthe. Zunächst erscheint an der Basis des jungen Fruchtknotens auf der Oberfläche eine aus zarten Hyphen gebildete, farblose Pilzmasse, welche selten auf diesen Ort beschränkt bleibt, sondern sich vielmehr meist über den ganzen Fruchtknoten, mit Ausnahme seines Scheitels, ausbreitet, sowohl die Oberfläche überziehend, als auch die Zellen der Fruchtknotenwand, wenigstens die äusseren Lagen, durchwuchernd und völlig occupirend. Die innere Fruchtknotenwand und das Ei bleiben häufig von dem Pilze verschont und in ihrer normalen Beschaffenheit eine Zeit lang erhalten, um jedoch bald zu schrumpfen. An die Stelle des Fruchtknotens tritt auf diese Weise ein weicher, weisser Pilzkörper von der ungefähren Gestalt jenes, die beiden Griffel oft auf dem Scheitel tragend. Die Oberfläche der Pilzmasse zeigt viele unregelmässig gewundene, tiefe Einsenkungen und Furchen; sie ist allenthalben bedeckt von einer im 6ten Capitel zu beschreibenden conidientragenden Schichte. Léveillé hat diese Körper früher mit dem Gattungsnamen Sphacelia benannt, welcher jetzt zur Bezeichnung des beschriebenen Entwickelungszustandes des Pilzes angewendet werden kann. Hat die Sphacelia ihre volle Entwickelung

erreicht, so erscheint in ihrem Grunde, dem Blüthenboden aufsitzend, der Anfang des Sclerotium, als ein kleiner, länglicher, von dem weissen Gewebe der Sphacelia umgebener Körper, vor letzterer durch grössere Dichtigkeit ausgezeichnet (Fig. 14). Er besteht zunächst aus dünnen, zarten, von einander trennbaren Pilzfäden, welche in die der Sphacelia continuirlich übergehen, nur etwas derber als letztere, und fester aneinandergedrängt sind.



Fig. 14.

Schon sehr frühe erhält die Oberfläche des Körpers violette Färbung, indem hier die Zellen die Beschaffenheit der späteren Rinde anzunehmen beginnen. Das Sclerotium nimmt nun an Dicke zu und verlängert sich zu dem bekannten hornförmigen, manchmal über zolllangen Körper, der, mit der Basis auf dem Blüthenboden befestigt, zwischen den Spelzen hervortritt. Sein Wachsthum scheint anfangs allenthalben gleichmässig stattzufinden, an der Basis und in der Mittellinie aber am längsten anzudauern. Dasselbe kommt jedenfalls zu einem guten Theil durch Ausdehnung der anfänglich vorhandenen Elemente zu Stande; wenigstens gilt dies für das Dickewachsthum, da die Zellreihen des erwachsenen Sclerotium mehr als viermal dicker sind, als in dem jung angelegten. Die Anordnung der Zellreihen ist übrigens von Anfang an die gleiche wie bei der Reife, sehr früh beginnt in ihnen die Ansammlung von Oeltropfen.

Die Sphacelia hört zu wachsen auf, sobald das Sclerotium sich zu entwickeln beginnt. Dieses sprengt den untern Theil der Sphacelia, von welchem es zuerst eingeschlossen ist, von dem Blüthenboden los und schiebt dieselbe, indem es sich streckt, zwischen den Spelzen hervor, als eine Kappe welche dem Scheitel des Sclerotium aufgesetzt ist, um bald zusammenzuschrumpfen und früher oder später abzufallen. (Fig. 15.)

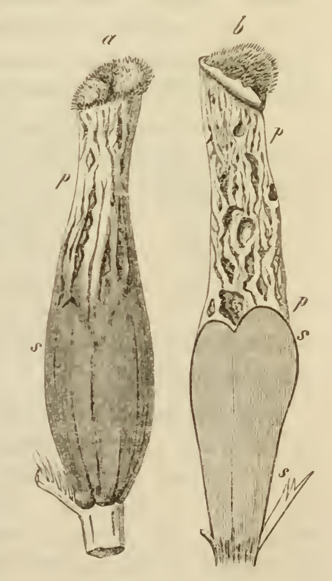


Fig. 15.

Fig. 14. Claviceps purpurea Tul. *a* junger Fruchtknoten des Roggens von der Sphacelia bedeckt, von aussen gesehen. Am Scheitel ragen die Haare des Fruchtknotens und Griffelreste (*g*) aus dem Pilzüberzug hervor. *b* Längsschnitt durch einen ähnlichen Entwickelungszustand vom Roggen. *s* Anfang des Sclerotium. *c* Aehnlicher Jugendzustand des Pilzes auf dem Pistill von Glyceria fluitans, der Scheitel des Pistills ragt über die Sphacelia hinaus. Schwach vergr., nach Tulasne copirt.

Fig. 15. Reiferes Sclerotium von Claviceps (vom Roggen) auf dem Blüthenboden sitzend. *a* von aussen gesehen, *b* Längsschnitt. *s* Sclerotium, *p* Sphacelie. Schwach vergr., nach Tulasne copirt.

Die ganze Entwickelung dieser Sclerotien geschieht ziemlich langsam. In den Blüthen von Brachypodium sylvaticum bedurften sie z. B., nach Tulasne's Beobachtungen, in den Monaten Juli und August etwa vier Wochen zu ihrer Ausbildung.

Selten kommt es vor, dass der Pilz den Fruchtknoten nur zu kleinem Theile zerstört, oder sich unter dem Fruchtknoten entwickelt, so dass dieser seine normale Form und Entwickelung behält und, dem Scheitel des Sclerotiums aufsitzend, zwischen den Spelzen hervorgehoben wird. Tulasne und Kühn bilden Fälle ab, wo normale Früchte des Roggens auf dem Scheitel reifer Sclerotien aufsitzen, ich habe solche Exemplare einige Male, wenn auch sehr selten, gefunden. Sie zeigen auch ohne genaue Untersuchung, dass das Sclerotium kein degenerirter Fruchtknoten ist.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass wie es scheint bei allen Sclerotien zur Zeit wo die Differenzirung und definitive Ausbildung ihres Gewebes erfolgt, auf der Oberfläche eine grosse Menge von Flüssigkeit ausgeschieden wird; sie bedecken sich mit grossen farblosen oder gelblichen Wassertropfen (Peziza Sclerotiorum, Fuckeliana, Agaricus cirrhatus, Hypochnus centrifugus, Coprinus stercorarius, Typhula, Clavaria), oder (Claviceps) schwitzen eine klebrige zuckerhaltige Flüssigkeit aus.

Einen der Sphacelia von Claviceps entsprechenden besonderen Fruchtträger sah ich bei keinem anderen Sclerotium dem Auftreten des Sclerotium selbst vorhergehen. Besonders hebe ich dieses hervor in Bezug auf Peziza Sclerotiorum (Scler. varium), bei welcher Coemans Körper fand, welche er der Sphacelia von Claviceps vergleicht. Schon Tulasne (Fung. Carp. p. 105) hat die Vermuthung ausgesprochen, dass Coemans durch Schimmelbildungen getäuscht worden sein dürfte, welche der Entwickelung des Sclerotium fremd sind.

Alle Sclerotien gehen nach ihrer Ausbildung in einen Ruhezustand über, in welchem sie verschieden lange Zeit verharren können oder müssen. Zuletzt tritt ein Wiedererwachen ihrer Vegetation, ein Hervorsprossen von Neubildungen an ihnen ein. Sie sind daher passend als Dauermycelien bezeichnet und den Knollen phanerogamer Pflanzen verglichen worden.

Der Ruhezustand dauert verschieden lange; bei »Scl. durum« oft nur einige Wochen. Bei Peziza Sclerotiorum währte er in den Versuchen von Coemans 2—3 Monate, während Tulasne 16, Münter 18 Monate auf das Wiedererwachen warten mussten.

In der freien Natur entstehen die Sclerotien meist im Frühling, in warmer Winterszeit und im Herbst; das Austreiben erfolgt in dem darauf folgenden Frühling oder Herbst, also je nach dem einzelnen Fall nach einer Ruhe von 2 bis 3, 6, 9 Monaten. Die Sclerotien von Claviceps entstehen während des Sommers und treiben, nach Tulasne zuweilen im Spätherbst, in der Regel jedenfalls im folgenden Frühjahre aus, ebenso Peziza Curreyana und Duriaei. Bringt man die Sclerotien lange vor der gewöhnlichen Zeit ihres Austreibens in die hierzu günstigen Bedingungen, so kann dadurch, soweit die vorliegenden Beobachtungen reichen, ihre Ruhezeit nicht oder nur wenig abgekürzt werden.

Durieu's und Tulasne's Erfahrungen zeigen ferner, dass wenigstens einige Sclerotien (Claviceps, Peziza Duriaei) über ein Jahr trocken aufbewahrt werden

können, ohne ihre Entwickelungsfähigkeit einzubüssen. Peziza Sclerotiorum verhält sich ebenso.

Die Hauptbedingung für die Weiterentwickelung aller Sclerotien besteht darin, dass sie in eine constant feuchte Umgebung kommen, also in der freien Natur, und auch in Culturversuchen am besten, in oder auf feuchten Boden.

In fast allen bekannten Fällen treten aus dem austreibenden Sclerotium direct die Fruchtträger der Species hervor. Ihre Entwickelung findet in der Regel folgendermassen statt. An irgend einer Stelle des Sclerotium bilden sich an den dicht unter der Rinde gelegenen Markhyphen zahlreiche neue Zweige, zu einem Bündel dicht zusammengedrängt, welches senkrecht gegen die Rinde wächst. Diese wird nach aussen vorgetrieben und bald durchbrochen. Aus dem Riss ins Freie getreten, sondern sich die Hyphen des Bündels bei der conidienbildenden Peziza Fuckeliana und Verwandten (Botrytis cinerea) von einander, jede wird zu einem freien fruchttragenden Faden. Bei den meisten anderen Sclerotien bildenden Pilzen bleiben die Hyphen zu dem Bündel vereinigt, dieses wächst zu dem für die jeweilige Species characteristischen zusammengesetzten Fruchtträger heran. Auf diese Weise treten aus dem Sclerotium hervor die Fruchtträger von Claviceps, von sämmtlichen oben erwähnten Typhulae, Clavaria complanata, scutellata, Agaricus tuberosus, Peziza tuberosa, P. Fuckeliana, P. Sclerotiorum (von welch letzterer Coemans unrichtig angibt, dass die Rinde selbst zu dem Fruchtträger auswachse). Gute Präparate zeigen in den genannten Fällen immer die Hyphen des Markes mit denen der Fruchtträger in unmittelbarem Zusammenhange; die Basis der letzteren wird von den Lappen der gesprengten Rinde wie von einer kurzen, unregelmässigen Scheide umgeben. (Vergl. Figg. 16, 17.) Mit dem Hervorsprossen der Fruchtträger beginnt das Markgewebe im Umkreis ihrer Ursprungsstelle weich und locker zu werden. Bei Claviceps verschwindet, nach Tulasne, das Oel, und wird durch wässerige Flüssigkeit ersetzt, die Zellmembranen werden dünner, zuletzt sehr zart, die ein-

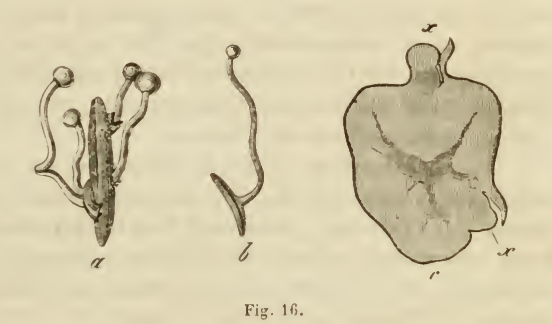


Fig. 16.



Fig. 17.

Fig. 16. *a* Claviceps purpurea, *b* Clav. microcephala T. Sclerotien mit entwickelten Fruchtträgern. Natürl. Grösse. *c* Clav. purpurea, Querschnitt durch ein Sclerotium mit zwei jungen, aus dem Innern hervorbrechenden Fruchtträgern (*x*); schwach vergr. Cop. nach Tulasne.

Fig. 17. Peziza Fuckeliana, sehr kleines Exemplar. *s* Querschnitt durch ein Sclerotium, aus dem ein längsdurchschnittener Fruchtträger hervorgewachsen ist. Die dunkeln Flecke in dem Sclerotium sind die todten Zellen des von ihm occupirten Blattes; die Flecke und Punkte bei *p* oxals. Kalk in Drusen. Vergr. 20.

zelnen Zellen trennen sich leicht von einander. Bei den knorpelig-gallertartigen Sclerotien von Peziza Fuckeliana, Sclerotiorum, tuberosa, Clavaria complanata etc. werden die gallertartigen Verdickungsschichten der Hyphen weicher, blass, allmählich ganz unkenntlich, so dass nur die innerste Lage der Membran als eine zarte Haut deutlich erkennbar bleibt. Die frühere feste Verbindung der Fäden hört damit natürlich auf. In dem Lumen der Zellen sammelt sich gleichzeitig reichlicher körniger, durch Jod gelb werdender Inhalt, der zuletzt wieder in dem Maasse abnimmt, als die Fruchtträger grösser werden. Aus den vorhandenen Beschreibungen geht hervor, dass in allen Fällen ein ähnlicher Auflösungsprocess des Markes während der Entwickelung der Fruchtträger stattfindet. Derselbe setzt sich oft allmählich über das ganze Mark fort, die Rinde nimmt keinen Theil daran. Mit der Erzeugung eines oder mehrerer Fruchtträger werden daher viele Sclerotien weich, wasserreich, beim Eintrocknen schrumpfen sie zu einem dünnen, unscheinbaren Körper zusammen. Nach dem Mitgetheilten ist es einleuchtend, dass die in den Sclerotien abgelagerten assimilirten Substanzen, wie Oel, gallertige Verdickungsschichten u. s. w. als Reservenahrung dienen. Die chemischen Umsetzungen, welche bei ihrem Verbrauch vor sich gehen, sind noch zu untersuchen.

Das Hervorsprossen der Fruchtträger ist in den bekannten Fällen nicht an einen bestimmten Ort der Sclerotien gebunden. Von grösseren Sclerotien, wie denen von Claviceps, sind auch Bruchstücke fortbildungsfähig. Ein Sclerotium kann einen oder mehrere Fruchtträger erzeugen, und zwar steht die Zahl und Kräftigkeit der letzteren zu der Grösse der Sclerotien im Verhältniss. Aus den grossen Sclerotien von Claviceps purpurea, wie sie in den Aehren von Secale, Triticum vulgare entstehen, wachsen oft 20 bis 30 starke Fruchtträger hervor, aus den kleineren, in den Blüthen von Bromus, Lolium, Anthoxanthum entstandenen Exemplaren nur wenige, schmächtige.

Bei einigen Sclerotien scheint das Austreiben der Fruchtträger in einer von der beschriebenen Regel abweichenden Weise stattzufinden. Auf dem Sclerotium, welches den alten Namen Scl. fungorum führt, erscheint bei Cultur auf feuchtem Boden im Herbste constant ein kleiner, weisser, dem A. cirrhatus jedenfalls sehr ähnlicher Agaricus. Auf dem Scl. stercorarium, das sich aus dem Mycelium von Coprinus stercorarius entwickelt, tritt in der Cultur wiederum der Fruchtträger besagten Coprinus' auf. Die ersten Anlagen sowohl wie die fertigen Stiele der Fruchtträger aber sitzen bei beiden Arten aussen auf der undurchbrochenen Rinde. Die zarten Hyphen aus welchen ihre Basis besteht, sind der letzteren einfach aussen angelegt. Dabei behält das Scl. fungorum bis zur Reife des Agaricus meist seine ursprüngliche Structur und Consistenz. Die genannten Fruchtträger erscheinen auf den betreffenden Sclerotien so constant, dass es wenig wahrscheinlich ist, dass sie nicht a u s dem Sclerotium entstehen. Wie dieses aber geschieht, ob vielleicht die Elemente des Markes einzelne feine Zweige treiben, welche die Rinde durchbohren und dann zu dem Anfange des Fruchtträgers heranwachsen, oder ob die Hyphen des letzteren vielleicht als Zweige e i n z e l n e r Rindenzellen entstehen, konnte ich bis jetzt nicht ermitteln. Das Letztere ist darum nicht ganz unwahrscheinlich, weil die conidientragenden Fäden von Peziza Fuckeliana und Verwandten (Botrytis cinerea P.) z u w e i l e n deutlich durch einfaches Auswachsen einzelner Rindenzellen entstehen.

Die Sclerotien von Hypochnus centrifugus sah Tulasne, nachdem sie Ende April in feuchten Sand gebracht worden waren, im August und September ein fädiges, spinnwebeartiges Mycelium austreiben, welches später die gewöhnlichen Fruchtträger des Hypochnus entwickelte. Von dem Zusammenhang der Myceliumfäden mit dem Sclerotium wird nur angegeben, dass jene von der Oberfläche des letzteren ausstrahlten. Consistenz und Structur der Sclerotien blieben nach dem Austreiben unverändert; Tulasne betrachtet daher die Kenntniss dieser Sclerotien mit Recht als nicht abgeschlossen.

Wie es sich mit anderen Fällen, in denen angegeben wird, dass fädige oder strangförmige Mycelien aus den Sclerotien entsprängen, verhält, ist vorläufig zweifelhaft.[3] Die Angaben Léveillé's, nach welchen aus den Sclerotien von Agaricus grossus, stercorarius, racemosus, tuberosus zuerst ein flockiges Mycelium entstehen soll und auf diesem später die Fruchtträger, dürften auf Täuschung beruhen, zumal da bei den zwei letztgenannten Arten das directe Hervorwachsen der Träger aus den Sclerotien unzweifelhaft Regel ist. Zu der Täuschung dürfte zunächst ein Umstand Anlass gegeben haben, auf welchen schon Tulasne aufmerksam gemacht hat; dass nämlich, wenn die Sclerotien tief im Boden liegen, die Fruchtträger selbst in Form dünner Hyphenstränge aus ihnen hervortreten und erst wenn sie über die Bodenoberfläche gelangt sind, ihre normale Beschaffenheit annehmen. Ferner erscheinen meist an der Basis der aus dem Sclerotium hervorgetretenen Fruchtkörper flockige Fadenwucherungen oder kurze myceliumartige Stränge, unzweifelhaft secundäre Producte des Fruchtträgers selbst, aber mit einem ihn erzeugenden Mycelium leicht zu verwechseln.

Dass die sterilen, Anthina-ähnlichen Körper, welche bei Culturen nicht selten aus Typhula- und Clavaria-Sclerotien hervorsprossen, nichts weiter als monströse Fruchtträger sind, ist wohl nicht zweifelhaft.

5. An die Betrachtung der Sclerotien knüpft sich nothwendig die, wenn auch nicht rein morphologische Frage nach der Dauer der Mycelien überhaupt an. Sie ist kurz dahin zu beantworten, dass die Mycelien der Pilze je nach den Arten in Beziehung auf ihre Dauer dieselben Verschiedenheiten und dieselbe Mannigfaltigkeit zeigen, wie der vegetative Körper anderer Pflanzen. Belege hierfür sind zahlreich vorhanden, obgleich die Pilzmycelien bis jetzt verhältnissmässig wenig beachtet wurden.

Eine Anzahl Mycelien ist typisch monocarpisch, d. h. sie erzeugen immer nur während einer Vegetationsperiode Fruchtträger (diese allerdings meist in Mehrzahl). Einjährig, innerhalb einer Vegetationsperiode, und oft in sehr kurzer Zeit ihre ganze Entwickelung vollendend, sind die einfach fädigen Mycelien einer Anzahl von endophyten Schmarotzerpilzen, z. B. Protomyces macrosporus, Puccinia Violarum, Uromyces Phaseolorum, appendiculatus, Puccinia graminis und andere, mögen dieselben ein- oder mehrjährige Pflanzen bewohnen: den meisten specifischen Parasiten einjähriger Phanerogamen kommt wohl jedenfalls eine typisch einjährige Entwickelung zu. Typisch monocarpisch und einjährig, wenn man von dem primären Mycelium absieht, sind die meisten Sclerotien, z. B. von den meisten oben genannten Pezizen, Typhula variabilis, Claviceps. Sie sind nach Entwickelung eines oder mehrerer nahezu gleichzeitig auftretender Fruchtträger erschöpft. Das ganze Mycelium von Claviceps ist dagegen

typisch zweijährig, indem es, wie oben angegeben wurde, in einer Vegetationsperiode die Sphacelie und das Sclerotium, in der folgenden aus letzterem die Fruchtträger entwickelt. Typisch mehrjährige monocarpe Pilze sind meines Wissens nicht bekannt.

Um so zahlreicher sind dagegen die typisch pleocarpen Mycelien, d. h. diejenigen, welche perenniren und alljährlich zu bestimmter Zeit neue Fruchtträger entwickeln. Für grössere, zumal nichtfleischige Schwämme ist dies längst bekannt, Fries (Linnaea V, p. 501), Tulasne (Carpol. I, 136), Berkeley (Outlines p. 43) führen eine Menge Beispiele hierfür auf, wie Agaricus platyphyllus Fr., Hydnum coralloides Scop., H. erinaceus Bull, Polyporus fomentarius u. s. f. Die Pietra fungaja in Unteritalien, aus welcher, wenn sie im Keller cultivirt wird, jahrelang die essbaren Hüte des Polyporus tuberaster Jacq. erzogen werden können, besteht wesentlich aus dem Mycelium dieses Schwammes, welches Erdschollen, Steine u. dergl. umwachsen und zu einer festen Masse zusammengeballt hat. Vielleicht mit Ausnahme des letzterwähnten sind die angeführten Beispiele solche, bei denen das Mycelium fädige oder flockige Beschaffenheit hat. Auch das fädige, oft sehr zarte Mycelium vieler pflanzenbewohnender Schmarotzerpilze perennirt, wie Tulasne und ich gezeigt haben, in den ausdauernden Theilen der Nährpflanzen, um alljährlich Zweige in die grünen einjährigen Theile zu senden und hier die Fruchtträger zu entwickeln oder auch in einzelnen Jahren die Fructification auszusetzen und später wieder aufzunehmen. So z. B. Endophyllum Euphorbiae, Sempervivi, Uromyces scutellatus, Puccinia Anemones, Sorisporium Saponariae, Podisoma Juniperi, Peronospora infestans, P. Rumicis und viele andere. Das Perenniren des Myceliums erklärt, warum diese Pilze auf denselben Pflanzenstöcken immer wieder erscheinen, warum sie auf Pfropfreisern, Stecklingen u. s. w., welche von diesen entnommen sind, wieder auftreten; seine Beachtung ist für das Verständniss der Parasitenentwickelung und ihrer Folgen von erster Wichtigkeit. Von perennirenden, alljährlich Fruchtträger treibenden Mycelium s t r ä n g e n sind die der Phalloideen, wenigstens der einheimischen, zu nennen; auch die Rhizomorphen, deren Fruchtträger freilich noch unbekannt sind, schliessen sich hier an.

Pleocarpe, wenigstens zwei Jahre in bestimmter Jahreszeit Fruchtträger bildende Sclerotien sind die von Clavaria complanata, Typhulae spec., Agaricus racemosus P., nach Tulasne. Nach der Angabe Léveillé's und Hoffmann's (Icon. anal.) scheint sich Agar. fusipes hier anzuschliessen, doch ist die Art wie er perennirt noch genauer zu untersuchen. Auch die Pietra fungaja gehört vielleicht hierher. Eine eigenthümliche Erscheinung berichtet Micheli (N. plant. genera p. 205) von seinem Fungoides Nr. 5, der Peziza Tuba Batsch. Ihr im Boden liegendes Sclerotium treibt im Frühling eine Anzahl von Fruchtträgern und ein neues Sclerotium (dessen Entwickelung verfolgt werden müsste), welches zur Fruchtbildung im nächsten Jahre bestimmt ist. Das erschöpfte vorjährige ist, wenn das neue entsteht, meist noch vorhanden, der unterirdische Theil des Pilzes besteht daher im Frühling aus drei ungleichen Tuberculis.

In dem Perenniren flockiger oder faseriger Mycelien findet wohl die Erscheinung der sogenannten Hexenringe, soweit sie hierher gehört, ihre Erklärung, d. h. die auf Waldboden und Rasen oft vorkommende Anordnung zahlreicher gleich-

artiger Fruchtträger von Agaricis zu grossen Ringen oder Halbringen. Eigentliche Untersuchungen über die Ursache dieser Erscheinung liegen zwar nicht vor. Bei der Cultur von rasch wachsenden Schimmel- und Schmarotzerpilzen sieht man aber häufig die Bildung der Hexenringe im kleinen Maassstabe. Das Mycelium verbreitet sich von dem Punkte seiner ersten Entwickelung aus in centrifugaler Richtung und bildet in derselben Folge immer neue Fruchtträger; diese ordnen sich sehr oft (z. B. Oidium fructigenum, viele Puccinien, Uromycesarten) in concentrische Ringe. Sterben die Fruchtträger sehr schnell ab, wie z. B. bei Peronospora infestans auf Kartoffelblättern, so ist immer nur ein Ring frischer Fruchtträger vorhanden.

Es ist leicht aus diesen Erscheinungen die Bildung der Hexenringe zu erklären, wenn man im Auge behält, dass die in Frage kommenden Pilze häufig nur einmal im Jahre zu bestimmter Zeit ihre rasch vergänglichen Fruchtträger bilden, und wenn man annimmt, dass ihr Mycelium perennirt, in centrifugaler Richtung alljährlich sich ausbreitet und in der Nähe seines Verbreitungscentrums entweder abstirbt, oder keine Frucht mehr bildet weil der Boden für den Pilz erschöpft ist. Jedenfalls wird genauere Berücksichtigung des Myceliums auch hier nothwendig sein, um eine sichere Erklärung zu finden.

Wie alt ein perennirendes pleocarpes Mycelium werden kann, ist nicht genau anzugeben. Fries beobachtete das von Ag. platyphyllus sieben Jahre lang; ich fand das von Phallus caninus fünf Jahre, Puccinia Anemones vier Jahre, Aecidium elatinum bis zu sechzehn Jahren perennirend. Da die meisten Mycelien ihr Substrat rasch zerstören und den für sie vorhandenen Nahrungsvorrath erschöpfen, so dürften sie selten ein sehr hohes Alter erreichen.

Die oft rasche Erschöpfung des im Substrat enthaltenen Nahrungsvorrathes ist jedenfalls sehr zu berücksichtigen, wenn es sich um die Bestimmung der typischen Dauer eines Myceliums handelt. Sie ist jedenfalls häufig die Ursache, warum die Vegetation von Pilzen, welche bei genügender Ernährung lange ausdauern können, factisch sehr rasch zu Ende geht. Das primäre Mycelium von Peziza Sclerotiorum hört z. B. nach wenigen Wochen zu wachsen auf, wenn es auf einer Frucht, oder Rübe u. s. f. cultivirt wird, aber nur weil es in dem zersetzten Substrat die geeignete Nahrung nicht mehr findet. Durch Zuführung immer frischen Nahrungsmaterials habe ich es über ein Jahr lang in üppiger Vegetation erhalten und diese hörte erst auf, als die Cultur absichtlich geendet wurde.

Nach den gegebenen Darstellungen brauche ich hier wohl nicht auf die antiquirte Streitfrage einzugehen, ob das Mycelium der Pilze für eine Wurzel oder ein Rhizom oder einen Stengel zu halten sei. Und auch die Unterscheidung verschiedener Myceliumformen mit den Namen Radix, Hyphasma, Hyphostroma, Macula, Circumscriptio, wie sie sich in Corda's Anleitung und bei Krombholz (Essbare Schwämme p. 53) findet, kann hier nach kurzer Erwähnung übergangen werden, da sie sich nur auf Verschiedenheiten im äusserlichen Ansehen gründet und als überflüssig längst verlassen ist.

Litteratur.

Mycelien im Allgemeinen:

Ehrenberg, de Mycetogenesi, l. c.

Tulasne, Fungorum carpol. I, Caput VIII.

Die allgemeinen mycologischen Werke behandeln dieses Capitel meist sehr dürftig.

Haustorien des fadenförmigen Myceliums:

H. v. Mohl, Bot. Zeitung 1853, p. 593.

Tulasne, Fung. Carpol. I. Ann. sc. natur. 4e Série, tom. VI, 299.

de Bary, Champignons parasites. Ann. sc. nat. 4e Série, tom. XX.

Myceliumstränge, Xylostroma etc.:

Rossmann, Beitr. z. Kenntn. d. Phallus impudicus. Bot. Ztg. 1853, Nr. 11.

Tulasne, Fungi hypogaei, p. 2. Fungor. Carpolog. l. c.

H. Hoffmann, Bot. Ztg. 1856, p. 155.

Palisot de Beauvois, Annales du Muséum d'hist. natur. Tom. VIII. (1806.) 334.

Dutrochet, Nouv. Ann. Mus. d'hist. nat. III. (1834.) p. 59.

Turpin, Mémoires de l'Acad. des sciences. Tom. XIV. (1838.)

(Turpin u. Dutrochet beschreiben einen und denselben Gegenstand, die Entwickelung des Cantharellus Crucibulum Fr. aus netzförmig verzweigtem Mycelium.)

Fries, Plantae homonemeae, p. 213—17.

Léveillé, Ann. sc. nat. 2. Sér., tom. XX, p. 247.

de Bary, Ueber Anthina. Hedwigia I, p. 35. Beitr. zur Morphol. u. Physiol. d. Pilze I, 1864.

Rhizomorphen speciell.

Aeltere Litteratur s. Streinz, Nomenclator. Bail, Tulasne, ll. cc. Palisot de Beauvois l. c.

Ehrenberg, De Mycetogenesi, l. c. p. 169.

Eschweiler, Commentatio de generis Rhizomorphae fructificatione. Elberfeld 1822.

Nees v. Esenbeck, Nov. Act. Ac. Natur. Curios. XI, 654; XII, 875.

Schmitz, Ueber den Bau etc. der Rhizomorpha fragilis Roth. Linnaea 1843, p. 478. Taf. 16, 17.

Tulasne, Fungi hypogaei p. 187. Fung. Carpol. l. c.

Bail in Hedwigia I, p. 111. Abhandl. über Rhizomorpha und Hypoxylon, N. Act. Ac. Nat. Curios. Band 28. (1861.)

Lasch, Bemerkgn. über Rhizomorpha. Hedwigia I, 113.

Otth, Ueber die Fructification der Rhizomorpha. Mittheilungen der Naturf. Ges. Bern 1856.

v. Cesati, Rabenh. Herb. Mycol. Nr. 1931.

Caspary, Bemerkg. über Rhizomorphen. Bot. Ztg. 1856, p. 897.

Sclerotien und verwandte Formen:

Micheli, Nova plantarum genera. Flor. 1729.

Tode, Fungi Mecklenburg. p. 2.

Fries, Syst. Mycol. II.

Decandolle, Mém. Mus. d'hist. natur. Tom. II, 420.

Léveillé, Mémoire sur le genre Sclerotium. Ann. sc. nat. 2e Série, tom. XX.

Corda, Icon. fung. Tom. III.

Tulasne, Mémoire sur l'Ergot des glumacées. Annales sc. nat. 3e Série, tom. XX. (1853.)

Kühn, Krankh. d. Culturgewächse p. 113, Taf. V.

(Die ungemein umfangreiche Litteratur über das Sclerotium von Claviceps = Secale cornutum, Mutterkorn, siehe bei Tulasne l. c. und in den pharmacognostischen Handbücher, die ältere bei Wiggers, Dissert. in Secale cornutum. Götting. 1831.)

Tulasne, Ann. sc. nat. 4e Série, tom. XIII. (1860) p. 12. Select. Fungor. Carpolog. Caput VIII.
Berkeley, Crypt. Bot. p. 256.
Bail, Sclerotium und Typhula. Hedwigia I, 93.
v. Cesati, Note sur la véritable nature des Sclerotium. Bot. Ztg. 1853, p. 73.
Coemans, Rech. sur la genèse et les métamorphoses de la Peziza Sclerotiorum Lib. Bullet. Acad. Belg. 2e Sér. T. IX, Nr. 1.
Wertendorp, Ibid. Tom. VII, p. 80.
Münter, Ibid. Tom. XI, Nr. 2.
Fuckel, Bot. Ztg. 1861. — Enumeratio Fungor. Nassoviae I. (1861) p. 100. (Typhula, lapsu calami Claviceps Euphorbiae.)
Kühn, Mittheil. d. Landw. Instituts Halle I. 1863.
Hoffmann, Icon. anal. Fung. Heft 3.
Gasparrini, Ricerche sulla natura della pietra fungaja e sul fungo vi soprannasce. Napoli 1841.
Ueber denselben Gegenstand: Treviranus, Vers. d. Naturforsch. in Bremen. S. Flora 1845, 17. Berkeley, crypt. bot. 288. Tulasne l. c.

Mylitta und verwandte Formen:
Oken, Isis, 1825.
Léveillé, l. c. Tulasne Fungi hypogaei, 197. Sel. Fung. Carpol. l. c.
Corda, Icon. fung. VI, tab. IX, 93.
Berkeley, Crypt. Bot. 254, 288. Gardener's chronicle 1848, p. 829.
Berkeley, Currey, Hanbury, Procedings Linn. Soc. London. III. (1858) 102. Transact. Linn. Soc. London. XXIII, 91, Tab. IX, X.

Capitel 3.

Der Fruchtträger.

Als Fruchtträger sollen die von dem Mycelium entspringenden, die Fortpflanzungsorgane erzeugenden und tragenden Körper bezeichnet werden. Fortpflanzungsorgane nenne ich hierbei die in dem nächsten Abschnitte zu beschreibenden Zellen, welche die Keime neuer Individuen sind (Sporen, Conidien u. s. w., ich will sie hier schlechthin Sporen nennen), sowie die Mutterzellen, von welchen sie unmittelbar erzeugt werden (Sporenmutterzellen, Basidien, Asci u. s. w.).

Es mag hier wiederholt werden, dass die Fruchtträger von den Mycelien der Regel nach durch ihr factisch mit der Sporenbildung begrenztes Wachsthum unterschieden sind, wie die Inflorescenzen der Phanerogamen von den unbegrenzt wachsenden Laubtrieben. In den weitaus zahlreichsten Fällen ist ihre Entwickelung mit einmaliger Fructification und meist binnen sehr kurzer Zeit abgeschlossen, wie schon das allbekannte Beispiel der fleischigen Hutschwämme lehrt. Nicht selten steht aber das Wachsthum zwar mit der ersten Fruchtbildung still, um jedoch später von neuem anzuheben und wiederholte Fruchtbildung eintreten zu lassen. Es ist ferner hier einstweilen kurz anzugeben, dass eine und dieselbe Pilzspecies oft mehrerlei in Form und Bau von einander verschiedene Fruchtträger bilden kann, sei es dass dieselben einander in einem

Generationswechsel folgen, sei es dass sie in bestimmter Succession oder anscheinend regelloser Folge von ein und demselben Mycelium erzeugt werden.

Nach ihrem Bau sondern sich die Fruchtträger zunächst in zwei Gruppen, solche die aus einem einzelnen Pilzfaden bestehen: Fruchthyphen, Fruchtfäden, und solche, die einen zusammengesetzten Pilzkörper darstellen: Fruchtkörper.

I. Fruchthyphen.

Die Fruchthyphen sind Zweige der Myceliumfäden, meist vertical von diesen sich erhebend, ihrerseits oft mannigfaltig und meist sehr characteristisch verzweigt, im Uebrigen nur Gattungs- und Artunterschiede darbietend, deren Besprechung nicht hierher gehört. Nach einem für jede Species bestimmten, einige Millimeter nur selten (z. B. bei Mucorinen) überschreitenden Längenwachsthum, bildet sich die Endzelle des Fruchtfadens und seiner Zweige zur Sporenmutterzelle aus, oder, bei einzelligen schlauchförmigen Hyphen, erzeugt jedes Ende eine bis viele Sporen auf die in den folgenden Capiteln zu beschreibende Weise. Das Spitzenwachsthum des Fruchtfadens steht hiermit still und zwar in den meisten Fällen für immer, nach Ausbildung der Sporen geht der sie tragende Faden schneller oder langsamer zu Grunde (Penicillium, Eurotium, Mucorinen, die meisten Peronosporae etc.). Gerade die fadenförmigen Fruchtträger bieten aber auffallende Beispiele für den Fall dar, dass nach dem Reifen der ersten Sporen ein neues Wachsthum des Trägers anhebt, welches bald durch eine neue Fruchtbildung begrenzt wird, und dass derselbe Process sich an einem Faden oder Zweige oft mehrmals hintereinander wiederholen kann. Einen solchen Fall stellt schon das oft beschriebene Durchwachsenwerden der entleerten Sporangien von Saprolegnia, das Hervorsprossen neuer fruchtbildender Zweige unter denen von Achlya prolifera dar, und die ähnlichen bei anderen Saprolegnieen beobachteten Erscheinungen. (Vergl. die im 4ten und 5ten Capitel zu citirenden Beschreibungen.) Ein Paar andere Beispiele mögen hier noch beschrieben werden.

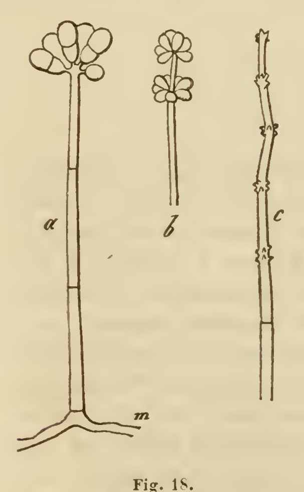


Fig. 18.

Die Fruchthyphen von Gonatobotrys und Arthrobotrys sind kurze, aufrechte, der Regel nach einfache oder mit einzelnen Zweigen versehene Reihen cylindrischer Zellen. Die Spitze der obersten Zelle schwillt leicht an und treibt zahlreiche, dicht gedrängte Ausstülpungen, welche miteinander ein kugeliges Köpfchen darstellen und zu Sporen heranwachsen. Nach ihrer Reife beginnt die Spitze des Fruchtträgers von neuem sich zu verlängern und wächst durch das Köpfchen durch, dieses wird hierdurch zu einem die Seitenfläche des Fruchtträgers umgebenden Quirl; das durchgewachsene Ende des

Fig. 18. Arthrobotrys oligospora Fres. *a* Fruchtträger mit dem ersten Sporenköpfchen. *m* Mycelium. *b* Zweites Köpfchen über dem ersten. *c* Ende eines Fruchtfadens mit den Spuren von 5 Köpfchen. Nach Fresenius copirt.

Fruchtträgers erreicht etwa die Länge einer der Gliederzellen des letzteren, grenzt sich über dem ersten Sporenköpfchen durch eine Querwand ab und bildet dann auf seinem Scheitel ein neues, dem ersten gleiches. Derselbe Vorgang kann sich sechsmal und noch öfter wiederholen, so dass der Fruchtträger zuletzt mit zahlreichen, um eine Zellenlänge von einander entfernten Sporenquirlen besetzt ist, oder, nach dem Abfallen der Sporen, ihre früheren Ansatzstellen erkennen lässt. (S. Fresenius, Beitr. Taf. III, V. Corda, Prachtflora. Coemans, Spicilège, Nr. 8.) (Fig. 18.)

Die Fruchtträger von Peronospora infestans sind gerade, aufrechte, querwandlose Hyphen, welche unter ihrer Spitze zwei bis mehrere wechselständige, kurze Zweige treiben. Diese sind sammt dem Ende des Stammfadens zuerst fein zugespitzt, sie verhalten sich dem letzteren bei allen ferneren Veränderungen gleich und diese erfolgen in ganz normalen Fällen gleichzeitig in den Stamm- wie in den Zweigspitzen, beide können daher miteinander kurzweg die Spitzen heissen. Jede Spitze bildet nun eine endständige Fortpflanzungszelle (Conidie), welche die Form einer Citrone hat und deren Längsachse genau in der Verlängerung ihres Trägers liegt. Die Basis jeder Conidie verschmälert sich plötzlich in ein kurzes, von dem Träger durch eine Querwand abgegliedertes Stielchen. Sobald mit der Entstehung letztgenannter Querwand die Reife der Conidien erfolgt ist, schwillt die Spitze unterhalb des Stielchens leicht an, beginnt sich vorzuschieben und drängt hierdurch die Conidie derart zur Seite, dass diese alsbald mit ihrem Träger einen rechten Winkel bildet. Nun schwillt der Träger an der Ansatzstelle der Conidie zu einer kleinen, schmal flaschenförmigen Blase an und sein oberes Ende streckt sich gleichzeitig in die Länge, um wiederum die Beschaffenheit einer pfriemenförmigen, conidienbildenden Spitze anzunehmen. An dieser findet nach einiger Zeit der soeben beschriebene Vorgang von neuem statt. Derselbe wiederholt sich an einem Träger in der Regel drei- bis vier-

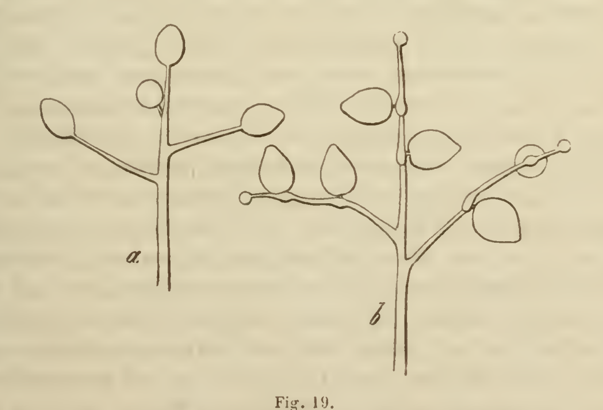


Fig. 19.

mal, an sehr üppigen Exemplaren aber bis zu zwölf- und vierzehnmal. Aeltere Fruchthyphen tragen daher, wenn man sie trocken betrachtet, eine Anzahl seit-

Fig. 19. Peronospora infestans. Ende der Fruchthyphen. *a* Bildung der ersten Conidie auf den Spitzen. *b* je zwei Conidien reif, die Bildung der dritten beginnend. Vergr. etwa 200.

licher, ziemlich gleichmässig von einander entfernter, rechtwinkelig abstehender Conidien, von denen jede einer flaschenförmigen Anschwellung ansitzt (Fig. 19). Da die reifen Conidien im Wasser augenblicklich abfallen, so findet man an mit Wasser behandelten Präparaten die älteren fruchttragenden Zweige von Strecke zu Strecke flaschenförmig angeschwollen und höchstens auf der Spitze eine noch nicht völlig reife Conidie.

Die unter dem Namen Botrytis cinerea bekannten Fruchthyphen gewisser Pezizen tragen unter ihrer Spitze mehrere rispenartig zusammengestellte Seitenzweige, von denen die unteren wiederum verästelt sind. Die etwas angeschwollenen, abgerundeten Enden des Hauptfadens sowohl als der Zweige schnüren auf ihrer Oberfläche gleichzeitig viele Sporen ab. Mit der Reife letzterer stirbt sowohl die sporentragende Endzelle des Fadens als auch die ganzen Seitenzweige ab, sie vertrockenen und sind zuletzt kaum mehr kenntlich, die Sporen selbst werden regellos zusammengeballt. Dagegen beginnt in der unter dem vertrockneten fruchttragenden Ende gelegenen Zelle ein neues Wachsthum; sie streckt sich entweder einfach in die Länge, um alsbald einen neuen Fruchtstand zu bilden, oder sie treibt gleichzeitig einen bis mehrere starke Seitenäste, welche sich dem Hauptfaden gleich verhalten. Bildung und Durchwachsung der Fruchtstände kann sich auch hier an einem Faden mehrmals wiederholen; an alten Exemplaren sieht man die Spuren der abgeworfenen sporenbildenden Zweige in Form kreisrunder, etwas nach aussen vorspringender Narben (vgl. Fresenius, Beitr. Taf. II.).

Diesen Beispielen schliessen sich streng genommen viele Fälle der im 4ten Capitel zu beschreibenden succedanen Sporenabschnürung an.

II. Fruchtkörper.

Die aus vielen Hyphen zusammengesetzten Fruchtkörper sind den Formen nach sehr mannigfaltig. Die bemerkenswerthesten, wie die gestielten oder stiellosen, schirm- oder fächerförmigen Hüte (pilei) der Hymenomyceten, die Peridien der Gastromyceten und Tuberaceen, und von den übrigen, welche unter den Namen Stromata, Receptacula zusammengefasst werden, die verzweigten, strauchartigen Körper der Clavarien, die Becher der Pezizen, u. s. f. — alle diese dürfen hier wohl als bekannt betrachtet werden.

Die specielle Beschreibung der einzelnen Formen ist Sache der Systematik.

Bei der Darstellung des Baues und der Entwickelungsgeschichte, um die es sich hier handelt, ist vor allem die fast ganz allgemeine Erscheinung hervorzuheben, dass die Fortpflanzungsorgane (Sporenmutterzellen) an dem Fruchtkörper nicht vereinzelt, sondern in grosser Zahl bei einander gebildet zu werden pflegen. Sie stellen für sich allein oder mit zwischengestellten haarähnlichen Organen geschlossene Schichten oder Complexe von oft beträchtlicher Ausdehnung dar. Man bezeichnet diese zweckmässiger Weise mit dem gemeinsamen Namen Hymenium, Fruchtschicht, Fruchthaut, Sporenlager, wenn auch die beschreibende Mycologie für die Hymenien einzelner Ordnungen passend besondere Wörter gebraucht und den Ausdruck Hymenium speciell für die Hymenomyceten reservirt. Nur bei wenigen Fruchtkörpern, nämlich den unter den Namen Isaria, Ceratium bekannten Formen (Corda, Icon. IV, Taf. X), kann

von einem Hymenium im Grunde nicht geredet werden; die Reproductionszellen sind hier vereinzelt über die Oberfläche des Trägers zerstreut.

Ihrem Bau und besonders ihrer Entwickelungs- und Wachsthumsweise nach sondern sich die Fruchtkörper zur Zeit in vier, den Abtheilungen des Systems nicht überall entsprechende Gruppen, nämlich:

1) Gymnocarpe Fruchtkörper;
2) Fruchtträger der mit Schleier versehenen Agaricinen und Boleten;
3) Fruchtkörper der Gastromyceten und Tuberaceen: und
4) die der Pyrenomyceten.

1. Gymnocarpe Fruchtkörper.

Unter diesem Namen fasse ich alle diejenigen Fruchtkörper zusammen, bei denen sich das Hymenium auf der freien Oberfläche des Trägers entwickelt und zu keiner Zeit von einer besonderen, dem Pilze selbst angehörenden Hülle oder Decke eingeschlossen ist. Es gehören dahin weitaus die meisten Fruchtträger; welche ausgeschlossen sind, wird durch die Benennung der drei anderen Gruppen angezeigt, und es ist hier nur das Eine noch zu bemerken, dass auch von den Agaricinen und Boleten nur verhältnissmässig wenige, unten specieller zu bezeichnende der zweiten Gruppe angehören; viele derselben, sowie alle übrigen Hymenomyceten gehören zu der ersten.

Von der äusseren Gestalt der gymnocarpen Fruchtkörper ist hervorzuheben, dass sie entweder in Form flacher, mehr oder minder hautartiger Ausbreitungen dem Substrate aufliegen (z. B. Uredineen, die sogenannten umgewendeten (resupinati) Hymenomyceten), oder sich mehr oder minder von dem Substrat erheben. In dem ersten Falle pflegt die ganze freie Oberfläche des Körpers von dem Hymenium bedeckt zu sein, in den anderen nimmt letzteres nur einen bestimmten Theil ein; bei den stiel- und strauchartigen Formen (Clavaria, Typhula, Calocera) die obere Region, bei den becherförmigen (Guepinia. Peziza) die Innenfläche des Bechers, bei den schirm- und fächerförmigen Hüten der Hymenomyceten die untere Seite des Hutes. Es ist daher in den letztgenannten Fällen zwischen der sterilen und hymeniumtragenden Region oder Hymenialfläche des Fruchtkörpers zu unterscheiden.

Die Hymenialfläche selbst ist, unabhängig von den soeben bezeichneten Verschiedenheiten, entweder glatt, höchstens mit unbedeutenden, so zu sagen zufälligen Prominenzen versehen und von der sterilen Oberfläche nur durch den anatomischen Bau und durch Farbe, Glanz, Behaarung unterschieden (z. B. Clavaria, viele Thelephoren. Guepinia, Peziza u. s. f.), oder sie ist ausgezeichnet und oft ausserordentlich vergrössert durch bestimmt gestaltete Falten und Vorsprünge: z. B. unregelmässige, durch tiefe, enge Furchen getrennte Runzeln (Tremella, Helvella); Platten oder Lamellen, welche strahlig gegen den Rand des schirm oder fächerförmigen Hutes divergiren (Agaricini) oder mit dem Hutrande concentrisch verlaufen (Cyclomyces); stachel- oder zahnartige Vorsprünge (Hydnum, Radulum, Irpex); netzförmig anastomosirende Platten oder Falten, welche im Vergleich zu der Weite der Maschenräume zwischen ihnen entweder niedrig, flach (Merulius, Favolus, Morchella) oder von so bedeutender Höhe sind, dass die Maschen als lange, enge, seitlich mit einander verwachsene Röhren (Tubuli, Pori) erscheinen (Polyporus, Boletus). Bei Fistulina ist

die Hymenialfläche dicht besetzt mit engen, untereinander freien Röhrchen, welche innen vom Hymenium ausgekleidet werden.

Der innere Bau des Fruchtkörpers muss, nach dem was wir für die Structur der Pilze überhaupt kennen, abhängen von der Anordnung der ihn zusammensetzenden Hyphen und von der Form, Verbindung und speciellen Structur ihrer einzelnen Glieder. Den einfachsten Bau dürfte er bei der Discomycetengattung Exoascus besitzen, wo er eine einfache Lage von Zellen darstellt, wie unten näher beschrieben werden wird.

Bei den massiger entwickelten Körpern lassen sich im erwachsenen Zustande die einzelnen Hyphen entweder deutlich von einander unterscheiden und trennen, der ganze Körper erscheint daher aus Fäden zusammengefügt, von fädiger oder faseriger Structur; oder die Hyphen sind derart zwischen einandergeschoben, verflochten und gleichzeitig kurzzellig, dass sie das im 1ten Capitel als Pseudoparenchym bezeichnete Gewebe bilden. Auch an intermediären Bildungen und Combinationen zwischen den beiden Structurformen fehlt es nicht.

Bei fädiger Structur ist die Anordnung und der Verlauf der Hyphen oft schon mit blossem Auge auf der Durchschnitts- oder Bruchfläche als Faserung zu erkennen, und steht in den meisten, wo nicht in allen Fällen zu der Gesammtform des Fruchtträgers in bestimmter und sehr einfacher Beziehung. Die Hauptmasse der Hyphen verläuft nämlich von der Anheftungsstelle (Basis) des Körpers gegen seine freien Enden oder Ränder: ein parallel-faseriges Bündel bildend bei den stiel- und strauchartigen Formen, fächerartig ausstrahlend bei den schirm-, fächer- und becherförmigen, nach Art von Kugelradien divergirend wenn der Fruchtträger die Gestalt einer Kugel oder eines Kugelabschnittes hat. Sind die Becher, Hüte u. s. w. gestielt, dann steigen die Hyphen im Stiele parallel aufwärts, um von seinem oberen Ende aus der Gestalt des Körpers entsprechend zu divergiren. (Vgl. z. B. Fig. 17 Seite 39 und die in diesem Kapitel folgenden Figuren). Häufig, wie in den Stielen vieler Agaricinen, den Hüten von Thelephora hirsuta u. a. ist der bezeichnete Verlauf höchst regelmässig, die Hyphen laufen schnurgerade oder in ganz glatten Bogenlinien. Senkrecht zur Faserung geführte Durchschnitte zeigen dann, zumal bei fester Verbindung der Hyphen, nur ihre Querschnitte und haben daher auch hier und da zu unrichtiger Auffassung der Structur verleitet. (S. z. B. Corda, Ic. III, fig. 134, Thelephora hirsuta.) Meistens sind die Fäden dagegen vielfach wellenförmig gebogen und dabei durcheinander geschlungen; mehr oder minder zahlreiche Zweige oft nach den verschiedensten Richtungen zwischen die anderen geschoben (z. B. Hutfleisch vieler Agarici). Richtig geführte Durchschnitte lassen jedoch in den meisten Fällen auch aus dem anscheinend ordnungslosen Gewirr einen Hauptfaserverlauf herausfinden, welcher der angegebenen Regel entspricht.

Bei den von der Basis nach der Peripherie breiter werdenden und aus divergirenden Fasern bestehenden Körpern sind die Fäden entweder überall durchschnittlich gleich stark und gleich dicht gestellt, oder ihre Stärke sowohl wie die Breite der Zwischenräume zwischen ihnen nehmen mit der Entfernung von der Basis ab. Hieraus folgt nach dem was über das Wachsthum der Hyphen im

Allgemeinen bekannt ist, dass die Zahl ihrer Verzweigungen mit der Entfernung von der Basis zunimmt.

Die Zahl derjenigen Fruchtkörper von fädigem Bau, bei denen keine bestimmte Richtung der Faserung wahrnehmbar ist, die Fäden vielmehr regellos nach allen Seiten ausgezweigt und durcheinandergeschlungen sind, dürfte sich bei genauerer Untersuchung als eine relativ kleine ergeben. Vorläufig sind allerdings noch ziemlich viele Gruppen und Genera (Tremella, Uredineen, die parasitischen Discomyceten wie Rhytisma, der Hut von Morchella, Helvella, Hypochnus u. s. w.) hier zu nennen.

Die gymnocarpen Fruchtträger mit pseudoparenchymatischer Structur sind im Speciellen höchst mannigfaltig gebaut, ihre Zellen meist anscheinend ganz regellos gestellt (z. B. Peziza hemisphaerica, vesiculosa, confluens, Ascobolus furfuraceus). Der Ursprung des Pseudoparenchyms wird meistens verrathen durch mehr oder minder zahlreiche typische Hyphen, welche zwischen seine Zellen eingeflochten sind und mit diesen öfters in reihenweisem Zusammenhange stehen. Eine Aufzählung aller bis jetzt bekannten — noch sehr zerstreuten — Einzelheiten liegt ausserhalb des Zweckes dieser Arbeit. Als Beispiel für pseudoparenchymatisches, mit typischen Hyphen constant combinirtes Gewebe möge hier der Bau der Fruchtträger bei den Agaricinen-Gruppen Russula Fr. und Lactarius Fr. beschrieben werden (vgl. Fig. 20). Corda, Bonorden und Hoffmann haben auf seine Eigenthümlichkeiten aufmerksam gemacht. Die Fruchtträger dieser Pilze sind bekanntlich runde, schirmförmige Hüte mit centralem, dickem Stiel und von fest fleischiger Consistenz.

Durchschnitte nach verschiedenen Richtungen durch Hut und Stiel der Russulae geführt (bei R. integra und R. olivacea von Bonorden, bei R. integra Fr. pileo rubro und R. adusta P. von mir untersucht) zeigen, mit Ausnahme der äussersten, hier zunächst nicht zu betrachtenden Oberfläche, überall zweierlei Gewebe: nämlich grosse Gruppen von weiten, wasserhellen, rundlichen Zellen und bandartige Stränge, welche von dünnen, protoplasmareichen, ästigen Hyphen gebildet werden. Die wasserhellen, rundzelligen Gruppen haben im Stiele unregelmässig längliche Gestalt, abgerundete oder zugeschärfte Enden, ihr Längsdurchmesser läuft dem des Stieles parallel. In dem Hutfleisch sind sie rundlich und ganz regellos geordnet. Sie sind allenthalben von den dünnfädigen Platten und Strängen derart umsponnen, dass letztere auf Durchschnitten ein unregelmässiges Netzwerk darstellen, dessen weite Maschen von dem rundzelligen Gewebe ausgefüllt werden. Die Anordnung der Zellen des letzteren ist in der Mitte des Stieles und im Hut eine anscheinend ordnungslose; gegen die Oberfläche des Stieles hin stehen sie in unregelmässig horizontalen Reihen, resp. Lagen. Die Grösse der ganzen Gruppen sowohl wie ihrer einzelnen Zellen nimmt von der Mitte gegen die Oberfläche des Fruchtträgers hin allmählich ab, die Mächtigkeit der feinfädigen Streifen zu. Die Faserung der letzteren ist im Stiele vorwiegend longitudinal, im Hute ganz ordnungslos. Allenthalben sieht man von ihren Hyphen vereinzelte Aeste in das rundzellige Gewebe eintreten, in diesem sich, unregelmässig verästelt, verbreiten. Genauere Untersuchung zerfaserter Schnitte lässt leicht erkennen, dass die runden Zellen mit den sie umspinnenden und zwischen ihnen verbreiteten Hyphen derart im Zusammenhange stehen, dass sie Glieder bedeutend erweiterter, rosenkranzförmiger Zweige der-

selben darstellen. Auch fehlt es nicht an Uebergangsformen zwischen den genau runden Zellen und den schmalen cylindrischen Gliedern der eingeflochtenen und umspinnenden Hyphen. Auf letzteren Punkt hat Bonorden zuerst aufmerksam gemacht. Der Zusammenhang und die Entwickelung der beiderlei Gewebe bleiben übrigens noch genauer zu untersuchen.

Der Bau der Milchblätterschwämme ist von Bonorden vorzugsweise bei Lactarius pallidus, von Hoffmann bei L. mitissimus, von mir bei L. subdulcis, chrysorrhoeus und deliciosus untersucht worden. Er ist dem der Russulae insoferne gleich, als auch hier Gruppen weiter rundlicher Zellen gleichsam eingesetzt sind in ein Geflecht feiner, cylindrischer Hyphen (Fig. 20). Die Gestalt der grosszelligen Gewebegruppen ist eine ähnliche wie bei Russula, nur sind sie in der Regel im Vergleich mit den dünnfädigen Streifen schmäler und schärfer umgrenzt wie bei der genannten Gattung. Im Stiele sind sie oft sehr in die Länge gestreckt und nicht selten in longitudinaler Richtung verzweigt oder mit anderen anastomosirend. Auf Querschnitten, zumal im Stiele, zeigen die Zellen von vielen der grosszelligen Portionen eine ei- oder keilförmige Gestalt und sind, in

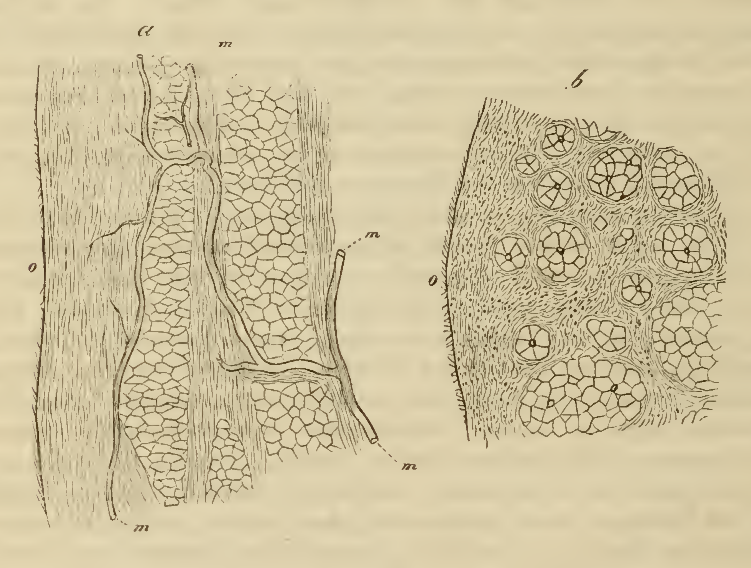


Fig. 20.

der Regel zu fünf bis sechs, um ein kleines Mittelfeld so geordnet, dass ihre schmalen Enden gegen letzteres hin convergiren. Sie bilden somit auf dem Querschnitte eine Rosette. Die so geordneten Zellen setzen entweder allein die grosszellige Gruppe zusammen, oder sind von einer bis mehreren unregelmässig concentrischen Schichten rundlicher Zellen umgeben; andere Gruppen zeigen im Querschnitte zwei Rosetten, noch andere endlich von der Rosettenanordnung keine Spur. Das kleine kreisförmige Mittelfeld der Rosetten wird gebildet durch den Querschnitt einer engen, cylindrischen, zartwandigen, wasserhellen Inhalt

Fig. 20. Lactarius subdulcis Fr. Aeussere Region des Stiels. *a* Längsschnitt, *b* Querchnitt. *o* Oberfläche. *m* Milchsaftröhre. Vergr. 90fach.

führenden Hyphe, welche, wie Längsschnitte zeigen, in meist stark geschlängeltem Verlaufe die grosszellige Gewebegruppe der Länge nach durchzieht. In den feinfädigen Gewebestreifen, sowohl dicht neben den grosszelligen Gruppen als von diesen getrennt und niemals in dieselben eintretend verlaufen die für Lactarius characteristischen Milchsaftgefässe. Dieselben stellen Röhren dar, welche einen im Vergleich mit den umgebenden Hyphen grossen Durchmesser, eine sehr weiche dehnbare Mebran besitzen und mit feinkörnigem, trübem, je nach der Species verschieden gefärbtem, aus dem verletzten Pilze in dicken Tropfen hervorquellendem Milchsafte strotzend angefüllt sind. Der Milchsaft gerinnt durch die Siedhitze und durch Einwirkung von Alkohol. Um den Verlauf seiner Behälter auf Durchschnitten zu untersuchen ist es daher zweckmässig, die Pilze kurze Zeit in Alkohol zu legen; um die Gefässe freizupräpariren, werden die Theile des Pilzes vorher am besten kurze Zeit mit Wasser gekocht. Nach solcher Präparation erkennt man, dass besagte Röhren nach allen Seiten hin zahlreiche starke Aeste absenden, die häufig Hförmige Verbindungen zwischen zwei Hauptstämmen, niemals jedoch, soweit meine Beobachtungen reichen, engmaschige Netzverbindungen bilden. Hier und da entsenden die stärkeren Aeste feine, kurze, in sehr dünne, geschlossene, blinde Enden auslaufende Zweige. Zumal in älteren Exemplaren findet man nicht selten die Milchsaftröhren durch einzelne, weit von einander entfernte Querwände getheilt. Besagte Organe durchziehen das Hyphengeflecht des ganzen Fruchtkörpers, ihre feinen Verzweigungen dringen bis dicht unter die Oberfläche des letzteren.

Vorstehende Darstellung stimmt mit Hoffmann's Angaben in der Hauptsache überein, nur dass Hoffmann statt der geschlängelten Hyphe einen dieser gleichgestalteten Intercellulargang in der Mitte der Rosetten beschreibt. Bei den Arten, welche ich untersucht habe, besonders deutlich bei L. subdulcis und deliciosus, hat besagter Gang unzweifelhaft eigene Wände, welche sogar hier und da von denen der angrenzenden Zellen durch deutliche Intercellularräume getrennt sind. Möglich jedoch, dass bei verschiedenen Arten in dieser Beziehung Unterschiede vorhanden sind. Russula foetens var. lactiflua Corda (Icon. IV, Tab. X) hat jedenfalls einen dem beschriebenen sehr ähnlichen Bau. Worin die Differenzen zwischen Corda's und der obigen Darstellung ihren Grund haben, lasse ich dahin gestellt. Schleiden's Angabe, derzufolge der Milchsaft von Agaricus deliciosus »bestimmt in kleinen Gruppen parenchymatischer Zellen« enthalten ist, entbehrt aller Begründung. Desgleichen die unklare Darstellung bei Kützing (Phil. Bot. I. p. 247).

Es mag hier der Ort sein anzuführen, dass Milchsaft führende Röhren oder langgliederige Hyphen von de Seynes auch in dem sonst gleichförmig faserigen Gewebe des Fruchtträgers von Fistulina hepatica aufgefunden worden sind. Aehnliche Organe, d. h. lange, mit einem dichten, oft glänzenden Inhalt erfüllte Röhren kommen noch manchen anderen fleischigen Schwämmen, zumal Agaricinen, zu (z. B. Agar. praecox, Agar. olearius nach Tulasne). Sie sind noch genauer zu untersuchen.

Neben der bisher betrachteten allgemeinen Anordnung und Gestaltung der Formelemente lassen sich in dem Gewebe der meisten Fruchtkörper verschiedene Schichten unterscheiden. Die nicht fruchttragende Oberfläche wird nämlich in

den meisten Fällen von einer besonderen peripherischen Rinden = Corticalschichte (in besonderen Fällen Pellicula, Cutis u. s. w. genannt) gebildet, auf der fruchttragenden Fläche ist die Hymenialschichte zu unterscheiden, die übrige meist grösste Masse des Körpers mag als Mark- oder Medullarschichte bezeichnet werden. Je nach dem einzelnen Falle findet zwischen den bezeichneten Hauptlagen eine scharfe Abgrenzung oder ein allmählicher Uebergang statt, und jede derselben kann sich wiederum in untergeordnete Lagen sondern.

Die Rinde ist von der Medullarschichte entweder nur durch Bau, Grösse, Festigkeit der Verbindung ihrer Elemente, bei gleicher Anordnung (Faserung) derselben, oder auch in letzerer Beziehung verschieden.

In dem ersteren Falle ist es Regel, dass die Rindenelemente enger, dichter miteinander verbunden, die ganze Schicht somit von festerem Gefüge ist, als die Medullarsubstanz. So bei sehr vielen fleischigen oder knorpeligen Schwämmen (z. B. den grösseren Clavarien, Calocera, vielen Agaricinen, Pezizen, dem Stroma parasitischer Discomyceten, wie Rhytisma, u. s. w.). Unter die hierhergehörenden Einzelfälle sind auch die oben beschriebenen Lactarii zu rechnen (vgl. Fig. 20). Ihre sterile Oberfläche wird, zumal am Stiele, von einer mächtigen Lage dichten, feinfädigen Gewebes ausschliesslich gebildet. Gegen diese Corticallage hin werden die parenchymähnlichen, grosszelligen Gewebegruppen allmählich kleiner und kleinzelliger. Bei vielen Pilzen von derber, leder- bis holzartiger Consistenz sind dabei die Zellen der Corticalschicht mit gefärbten, verholzten Membranen versehen, die Medullarelemente nicht (z. B. Rhytisma, Peziza hemisphaerica u. a., Thelephora hirsuta u. s. f.). Auch der umgekehrte Fall, grössere Weichheit der Rinden-, festere Consistenz der Medullarsubstanz kommt nicht selten vor. So ist die Oberfläche vieler fest-fleischiger Agaricinen überall (Agar. Mycena vulgaris) oder theilweise (z. B. Hut von Russula integra) von einem weichen, in Wasser bis zum Zerfliessen quellenden Gallertfilz überzogen. Bei Agaricus stypticus besteht die Rindenschicht grösstentheils aus einem zähen, hyalinen Gallertfilz, das Medullargewebe aus einem Geflechte cylindrischer, derbwandiger Hyphen mit lufterfüllten Lücken. Eine detaillirte Beschreibung aller einzelnen bekannten Fälle würde hier nicht am Platze sein.

Der zweite Fall, dass die Elemente der Rinde eine von denen der Markschicht verschiedene Anordnung zeigen, kommt bei Fruchtträgern mit faseriger Structur häufig, und zwar in folgender Form vor. Im Umfange des der Gestalt des Körpers entsprechend gefaserten Markes gehen von den Hyphen desselben zahlreiche Zweige ab, welche sich plötzlich oder in einem stets nach dem freien Rande oder der Spitze des Fruchtträgers convexen Bogen gegen die Oberfläche wenden, um in dieser nach mehr oder minder reicher Verästelung zu endigen. Die Enden bilden dabei entweder ein ordnungsloses, fädiges oder pseudoparenchymatisches Geflecht (z. B. Auricularia mesenterica, holzige Polypori), oder sie verlaufen untereinander parallel und dicht gedrängt schräg oder senkrecht zur Oberfläche, die Rinde besteht somit aus pallisadenartig geordneten Hyphenzweigen. So z. B. Peziza Sclerotiorum: die Stiele von Helvella crispa, elastica besitzen eine aus senkrecht gegen die Oberfläche laufenden, gross- und kurzzelligen Hyphen gebildete, daher einigermassen parenchymähnliche Corticalschichte auf ihrer Aussenfläche, der hohle Stiel von Morchella esculenta auf der

Aussen- und Innenfläche. Besonders exquisit findet sich die pallisadenartige Structur der Rinde auf der ganzen sterilen Oberfläche von Guepinia contorta[1]) und Polyporus lucidus (Fig. 21). Die Marksubstanz des letzteren besteht im Stiele aus dicht und ordnungslos verfilzten Hyphen, im Hute ist sie der fächerförmigen Gestalt desselben entsprechend gefasert. In ihrem Umfange biegen zahlreiche Hyphen nach aussen, ihre Endäste genau senkrecht zur Oberfläche richtend und genau in gleicher Höhe endigend. Die Endäste sind stumpf-cylindrisch-keulenförmig, mit stark verdickten, geschichteten (in Kali bis zum Zerfliessen quellenden) Membranen versehen, und dicht und lückenlos nebeneinandergestellt. Sie bestehen jedenfalls in der Regel — ob immer lasse ich dahingestellt — aus einer einzigen Zelle. Der beschriebenen Structur sowie einer dicken, anscheinend homogenen Cuticula, welche über die stumpfen Enden der Corticalelemente hinläuft, verdankt der Pilz seine bekannte, für das blosse Auge purpurfarbige, spiegelglatte Rinde. Unter der beschriebenen Pallisadenschichte bilden die Hyphen ein wirres, die senkrechten Zweige entsendendes Geflecht, welches im Hute unbedeutend ist, während seine Elemente im Stiel lückenlos verbunden und gleichfalls mit stark verdickten, braunrothen Membranen versehen sind. Polyporus fomentarius besitzt eine ähnlich gebaute Corticalschichte; die senkrechten in der Oberfläche endenden Hyphenzweige derselben sind jedoch so dickhäutig und spröde, dass ich an meinem Material ihre Gestalt und Structur nicht genau ermitteln konnte.

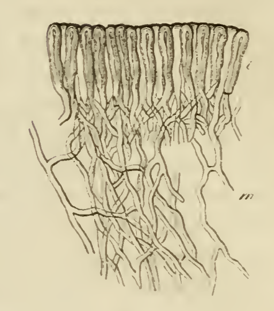


Fig. 21.

Schon die angeführten Beispiele zeigen, dass auch in dieser zweiten Reihe von Fällen die Rindenschichte vielfach durch grössere Derbheit, Verholzung ihrer Elemente von der Markschichte unterschieden ist, und dass andererseits auch hier (Helvella, Morchella) das Umgekehrte vorkommt.

Kleine, einfache Fruchtträger lassen häufig keine Differenz von Cortical- und Medullargewebe erkennen (z. B. Clavaria complanata, Uredineen, Isasia u. s. f.).

Wohl bei der überwiegenden Mehrzahl der Fruchtträger ist die nicht hymeniumtragende Oberfläche mehr oder minder reichlich mit Haaren, Borsten oder Schuppen bedeckt, Anhängseln, welche den gleichnamigen Organen höherer Gewächse an Mannigfaltigkeit der Form und Structur kaum nachstehen dürften.

Die Haare sind bei den Pilzen mit deutlich faseriger Structur Hyphenzweige, welche aus dem dicht verflochtenen peripherischen Gewebe an die Oberfläche treten. Bei den pseudoparenchymatischen Formen entspringen sie, den Haaren

Fig. 21. Polyporus lucidus. Dünner Längsschnitt durch die Oberfläche des Hutes, 190fach vergr. *m* gegen die Oberfläche laufende Markhyphen. *c* Rindenschicht.

---

1) Dacryomyces contortus Rabenh. Herb. Myc. Nr. 1984. Dieser Pilz ist eine durchaus typische, gestielt-becherförmige Guepinia. Er findet sich in hiesiger Gegend nicht selten im Spätherbst und Winter an faulem Roth- und Weissbuchenholze in Wäldern.

höherer Gewächse ähnlich, von der Aussenseite der oberflächlichsten Rindenzellen, bei Peziza scutellata reicht die oft in mehrere Schenkel gespaltene Basis der derben braunen Haare vielfach in das Medullargewebe, das Haar tritt von da, die Rinde durchbohrend, nach aussen. Was ihren Bau betrifft, so sind die Haare entweder einzellig oder mehrzellig, manchmal verzweigt, ihre Membranen zart oder mehr oder minder verdickt, oft (z. B. Hirneola Auricula Judae Berk.) bis fast zum Verschwinden des Lumens. Grösse, Färbung, Richtung, Besonderung oder Verfilzung wechseln je nach den Arten aufs Mannigfaltigste, der ganze Haarüberzug erscheint daher auch unter den verschiedenartigsten Gestalten und Abstufungen, von dem zartesten Reife oder Flaum an bis zur dichten Borsten- oder Filzbedeckung. Einzelne Beispiele anzuführen wäre überflüssig; die mannigfaltigste Formenreihe der Behaarung dürfte bei den Pezizen zu finden sein.

Bei vielen Pilzen sind die Haare in grösserer oder geringerer Zahl zu Büscheln fest vereinigt, welche, je nach ihrer Länge, Dicke und Zuspitzung dem unbewaffneten Auge als Borsten oder Schuppen (z. B. Polyporus hirsutus, hispidus, Hydnum auriscalpium) oder Warzen (Hydnum gelatinosum) erscheinen. Einer besonderen Erwähnung nicht unwerth sind die Warzen auf der Hutoberfläche von Fistulina hepatica. Dieselben stellen cylindrische Büschel fadenförmiger Haare dar, deren etwas erweiterte Enden trichterartig auseinandertreten. Sie sind den Jugendzuständen der fruchttragenden, die Unterseite des Hutes bedeckenden Röhrchen zum Verwechseln ähnlich, und daher schon seit lange (vgl. Fries, S. M. I, 396) als Rudimente der Tubuli bezeichnet worden.

Es liegt in der Natur des Gegenstandes, dass da, wo ein dichter Haarfilz die Oberfläche des Fruchtträgers bekleidet, wie z. B. bei Polyporus hirsutus, Thelephora purpurea, Panus stypticus, Zweifel und Meinungsverschiedenheiten darüber bestehen können, ob solcher Filz als Rindenschichte oder als blosser Appendix einer solchen zu betrachten sei. Die Vergleichung verwandter Arten (Polyporus zonatus, versicolor, Thelephora hirsuta u. s. w.) wird hier jedoch meistens eine Entscheidung ermöglichen.

Derjenige Theil des Fruchtkörpers, welcher sich in oder unmittelbar auf dem Substrat befindet, bildet an seiner Oberfläche Haare oder Haarbüschel von besonderer Art, und selbst lange, verzweigte, wurzelartige, aus vielen bündelweise vereinigten Hyphen bestehende Stränge aus, welche man als Wurzelhaare, Wurzelfilz, Haftorgane, oder, in soferne sie leicht und häufig mit dem Mycelium, aus dem der Fruchtträger seinen Ursprung nimmt, verwechselt werden, als secundäres Mycelium bezeichnen kann. Von solchen Organen finden sich schon bei manchen einfach-fadenförmigen Fruchtträgern, z. B. Rhizopus nigricans, Andeutungen; auch die myceliumähnlichen Appendices mancher Erysiphen, z. B. Sphaerotheca Lev., dürften hier anzuführen sein. Bei den zusammengesetzten Fruchtkörpern, sowohl den gymnocarpen als auch den unten zu besprechenden, sind Wurzelhaare allgemein verbreitet, Beispiele für ihr massenhaftes Auftreten liefert die Basis des Fruchtträgers fast aller Hymenomyceten. Nur bei wenigen Pilzen kommen sie an den bis jetzt bekannten Entwickelungszuständen gar nicht vor; so bei Tuber. Die in Rede stehenden Organe zeichnen sich von den Haaren und Haarbüscheln der freien Oberfläche dadurch aus, dass sie sich dem Substrat fest anschmiegen oder in dasselbe ein-

dringen, und sich daselbst ausbreiten und verästeln wie Myceliumfäden. Sie befestigen daher den Fruchtträger auf seiner Unterlage und führen ihm ohne Zweifel erhebliche Mengen flüssiger Nahrung zu. Sie gleichen in den meisten Beziehungen dem Mycelium, aus welchem die Fruchtträger entstehen, und die Fadenmassen und Stränge an der Basis der letzteren, welche gewöhnlich mit dem Namen Mycelium bezeichnet werden, bestehen jedenfalls oft zum grössten Theile aus Wurzelhaaren oder Büscheln derselben. Der einzige durchgreifende Unterschied zwischen diesen Organen und dem ursprünglichen Mycelium, welcher zur Zeit angegeben werden kann, beruht in der Entstehung beider: letzteres entwickelt sich direct aus den Sporen, jene sprossen erst aus der Oberfläche des Fruchtträgers hervor, allerdings oft schon in einem sehr frühen Entwickelungsstadium desselben. Am deutlichsten tritt dieser Unterschied da hervor, wo das primäre Mycelium zuerst Sclerotien entwickelt, und die Fruchtträger später von diesen erzeugt werden, wie bei Claviceps, Peziza Sclerotiorum, Clavaria complanata u. a. Auch bei nicht sclerotienbildenden Pilzen, z. B. Peziza confluens, den Agaricinen, ist derselbe leicht wahrzunehmen. Die jüngsten Entwickelungsstadien der Fruchtträger sind jedoch noch für zu wenige Fälle bekannt, um eine allgemein gültige Entscheidung darüber zu gestatten, was von dem gewöhnlich sogenannten Mycelium an der Basis der Fruchtkörper ursprüngliches, was secundäres Mycelium sei, und ob die Elemente beider immer in Form und Structur von einander verschieden sind. Bei den genannten sclerotiumbildenden Pilzen, welche bis jetzt allein ein sicheres Urtheil gestatten, ist das letztere allerdings immer der Fall. Aus den nämlichen Gründen muss es zur Zeit unentschieden bleiben, ob das secundäre Mycelium gleichsam stolonenartig neue Fruchtträger zu erzeugen vermag. Bei den sclerotiumbildenden Arten, selbst solchen, die wie Peziza Sclerotiorum in keinem Lebensstadium eigentliche Schmarotzer sind, ist dieses entschieden nicht der Fall. Bei den anderen mag es sich anders verhalten, entscheidende Thatsachen liegen aber zur Zeit nicht vor.

Was die Structur des hymeniumtragenden Theiles der Fruchtkörper betrifft, für welchen in manchen Fällen der besondere Name H y m e n o p h o r u m gebraucht wird, so besteht das Hymenium selbst, wie im 4ten Capitel beschrieben wird, aus Zellen, welche auf der Hymenialfläche senkrecht stehen und die Endglieder reich verästelter Hyphen sind. Letztere zweigen sich von denen des Markes ab und wenden sich, denen der Corticalschichte ähnlich, entweder plötzlich oder in einem gegen den freien Rand des Fruchtkörpers convexen Bogen zur Oberfläche. In Beziehung auf ihre Structur, Verflechtung und Richtung gilt für den Anfang ihres Weges das oben über den Bau der Fruchtkörper überhaupt Gesagte. Je näher dem Hymenium, um so zahlreicher, zarter und dichter werden ihre Verzweigungen. Diese sind unmittelbar unter jenem überaus reich verzweigt, protoplasmareicher als das übrige Gewebe des Fruchtträgers und eng miteinander verflochten und verbunden. Bei einfacheren Gattungen, z. B. Hypochnus, lassen sie sich noch auf grössere Strecken von einander sondern; meistens bilden sie aber ein sehr schwer zu entwirrendes zartzelliges Geflecht: die im 4ten Capitel nochmals zu erwähnende s u b h y m e n i a l e S c h i c h t e oder das s u b h y m e n i a l e G e w e b e.

Wo die Hymenialfläche mit bestimmt geformten Vorsprüngen versehen ist,

wie bei den meisten allbekannten Hymenomycetengenera, da werden die Vorsprünge sowohl wie die Zwischenräume zwischen ihnen von dem Hymenium und subhymenialen Gewebe gleichförmig überzogen. Nur der äusserste freie Rand der Vorsprünge, also die Schneide der Lamellen, die Mündung der Pori, die Spitze der Stacheln, ist häufig ohne Hymeniumüberzug. Der innere Theil der Vorsprünge, welcher die subhymeniale Schichte trägt, wird der Einschlag, Trama genannt (auch Dissepiment, intralamelläres Gewebe). Die Trama hat in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle eine deutlich fädige Structur. Sie besteht aus einer Hyphenmasse von der Form des Vorsprungs, deren Fäden längs der ganzen Insertionslinie des Vorsprungs als Zweige von denen der Marksubstanz entspringen, bogig oder gerade in die Basis des Vorsprungs eintreten und von da der Oberfläche des letzteren parallel gegen den freien Rand zu verlaufen. Die Trama zeigt daher meistens eine deutliche, von der Insertionslinie nach dem freien Rande laufende Faserung (z. B. viele Agarici, vgl. Fig. 22, Lenzites, Polypori plur. spec., Trametes Pini, Hydnum zonatum, cirrhatum, gelatinosum, Boletus edulis). Je nach der Species nehmen die einzelnen Hyphen der Trama einen mehr geraden oder wellenförmigen und verschlungenen Verlauf. Seltener besteht die Trama aus einem ganz wirren Hyphengeflechte ohne bestimmt gerichtete Faserung (z. B. Morchella, Polyporus hirsutus). Die Structur, Consistenz, Farbe u. s. w. der Tramaelemente ist denen des übrigen Fruchtträgers entweder gleich oder davon verschieden, wie ein Blick auf die Gattungscharactere der Hymenomyceten zur Genüge zeigt. Subhymeniales Gewebe und Hymenium entspringen von der Trama in der oben angegebenen Weise; die Elemente des Hymenium sind zu ihrer Oberfläche überall senkrecht gestellt.

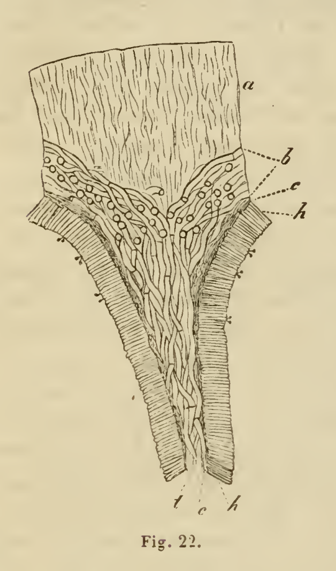


Fig. 22.

Von der oben besonders besprochenen Gruppe oder Gattung Lactarius zeigt, wenigstens bei L. subdulcis und chrysorrhoeus, die ich untersucht habe, die Trama der Lamellen gleichfalls den soeben beschriebenen Bau. Gegen die Hutunterfläche hin werden die grosszelligen Gewebegruppen plötzlich seltener und kleiner, die Unterfläche selbst (Hymenophorum) besteht aus zahlreichen Lagen von Hyphen, welche wellenförmig von der Mitte des Hutes gegen seinen Rand verlaufen, und von denen sich die Hyphen der Trama abzweigen. Das subhymeniale Gewebe setzt sich aus kleinen, isodiametrischen Zellen zusammen, deren Anordnung jedoch deutlich erkennen lässt, dass sie zarten, verflochtenen, kurzzelligen Hyphen als Glieder angehören. Die Milchsaftröhren treten sowohl in das Hymenophorum als in die Trama ein, in jenem verlaufen sie meistens dem

Fig. 22. Agaricus vulgaris. Tangentialer Durchschnitt durch einen eben erwachsenen Hut, 70fach vergr., halbschematisch. *a* obere Hutsubstanz, aus weichem Gallertgewebe bestehend. *b* untere derbfädige Hutsubstanz. *c* subhymeniale Schicht. *h* Hymenium. *t* Trama der Lamelle.

Hauptfaserzuge parallel, in der Trama sind sie nach allen Seiten hin reichlich verbreitet und ausgezweigt. Die grösstentheils parenchymatische Structur der Trama, welche Hoffmann für L. mitissimus beschreibt, konnte ich bei obigen Arten nicht finden.

Russula hat eine aus rundzelligem, allenthalben von vereinzelten, ästigen, dünnen Hyphen durchflochtenem Pseudoparenchym bestehende Trama, welche in das gleichnamige Gewebe der Hutsubstanz ganz allmählich übergeht und deren Entwickelung noch zu untersuchen ist.

Die Entwickelungs- und Wachsthumsgeschichte der gymnocarpen Fruchtkörper ist, zumal was ihre ersten Stadien betrifft, bis jetzt nur für wenige Fälle genau bekannt, weil die ersten Anfänge der Fruchtträger durch ihre Kleinheit und die Zartheit ihrer Formelemente für die Beobachtung schwer zugänglich sind, und die Aufmerksamkeit der Mycetologen bisher anderen Fragen vorzugsweise zugewendet war.

Besonders einfach und eigenthümlich ist wie der Bau so auch die Entwickelung des Fruchtkörpers von Exoascus Pruni, einem auf grünen, lebenden Theilen der Prunusarten, zumal ihren taschenartig entarteten Fruchtknoten schmarotzenden Discomyceten. Das aus schmal cylindrischen Hyphen bestehende Mycelium dieses Pilzes steigt in dem Weichbaste des Gefässbündel seines Wirthes empor, tritt von da aus in die Intercellularräume des Parenchyms und entsendet zuletzt allenthalben zahlreiche Zweige, welche sich zwischen den Seitenwänden der Epidermiszellen hindurchdrängen, um sich, an die Aussenwände letzterer gelangt, zwischen diesen und der Cuticula in einer Fläche auszubreiten und zu verästeln. Die Zweige benachbarter Hyphen schieben sich zwischen und gegen einander, so dass die Oberfläche der Epidermis von einem immer reich- und engmaschiger werdenden, einschichtigen Hyphennetze übersponnen wird. In den anfangs langcylindrischen Zellen des letzteren finden nun Quertheilungen statt, bis alle Zellen ungefähr so lang als breit sind, zuletzt dehnen sich alle Zellen bis zur innigen Berührung mit ihren Nachbarinnen aus und nehmen dabei rundliche, durch gegenseitigen Druck abgeplattete Form an. Jede Zelle dieses einschichtigen Fruchtlagers streckt sich endlich, die Cuticula durchbrechend, senkrecht zur Oberfläche des befallenen Pflanzentheils und erhält damit die Gestalt eines aus cylindrischer Basis keulenförmigen Schlauches, der sich bald durch eine Querwand theilt in eine grosse, obere, keulenförmige Sporenmutterzelle (Ascus) und eine kleine, untere, kurzcylindrische Zelle, welche jene als Stielzelle trägt. Der Fruchtträger besteht daher aus einer einfachen Schicht cylindrischer Zellen, auf deren jeder eine Fortpflanzungszelle aufsitzt.

Die unscheinbaren Fruchtlager der Uredineen und wahrscheinlich vieler anderer endophytischer Parasiten kommen, soweit bisher ermittelt werden konnte, gleichfalls dadurch zu Stande, dass zahlreiche Myceliumfäden von verschiedenen Seiten her zusammentreten und sich zu einem vielschichtigen Lager unordentlich verflechten.

Die stielförmigen Fruchtkörper der sclerotienbildenden Clavarien und Typhulae, speciell z. B. von Typh. variabilis Riess, treten aus dem Sclerotium hervor in Form eines Bündels fest vereinigter, paralleler, mit den Enden kuppelförmig zusammenneigender Hyphen. Der Körper wächst nun in die Länge.

Die in der kuppelförmigen Spitze vereinigten Hyphenenden bleiben hierbei fortwährend sehr zart, protoplasmareich, verhältnissmässig kurzzellig. Mit der Entfernung von der Spitze des wachsenden Fruchtträgers nehmen die Glieder der Hyphen eine Strecke weit stetig an Länge, Weite und Derbheit, der ganze Körper an Dicke und Festigkeit zu; an seinem Grunde findet keine Zunahme mehr statt. Aus diesen Daten geht hervor, dass das Längenwachsthum des Fruchtträgers, soweit es auf Neubildung von Zellen beruht, in und dicht unter der Spitze eingeleitet wird durch das Spitzenwachsthum der zum Fruchtkörper vereinigten Hyphen. Jene ist daher als Vegetationspunkt zu bezeichnen. Die im Vegetationspunkt erzeugten Zellen strecken sich dann, in der Reihenfolge wie sie entstanden sind, rasch in die Länge und nehmen ihre definitive Structur an. Mit dem Beginn der Streckung treten an den oberflächlichen Hyphen des unteren sterilen Theiles die Anlagen zerstreuter einzelliger Haare als Zweige hervor, an dem oberen Theile das dichte Geflecht der Hymenialschichte. Zuletzt steht die Thätigkeit des Vegetationspunktes und das Wachsthum des ganzen Körpers stille. Im Innern der vom Vegetationspunkt entfernteren Theile findet wie es scheint keine, jedenfalls keine beträchtliche Neubildung von Zellen mehr statt, weder durch Theilung der vorhandenen Gliederzellen, noch durch Bildung neuer, zwischen die erst vorhandenen sich einschiebender Hyphenzweige.

Die Fruchtträger von Peziza Sclerotiorum haben in ihrer ersten Jugend schmal cylindrische, zugespitzte Form und endigen gleichfalls in einen Vegetationspunkt. Dieser ist kegelförmig und besteht aus sehr dünnen, zartwandigen, dicht gedrängten, protoplasmareichen Hyphenenden, welche sich nach abwärts in die Fäden der Marksubstanz unmittelbar fortsetzen. Schon dicht unter der äussersten Spitze gehen von diesen Hyphen zahlreiche kurze Zweige in einem Bogen schräg nach oben und aussen. Sie endigen alle in einer Ebene auf der Oberfläche des Körpers und sind die Anlagen der Corticalschichte. Alle Zellen nehmen mit der Entfernung vom Vegetationspunkte eine Strecke weit stetig an Länge und Dicke zu, von einem bestimmten Punkte an nicht mehr; das Wachsthum des Fruchtkörpers geschieht auch hier ausschliesslich oder ganz vorzugsweise durch Anlegung neuer Elemente im Vegetationspunkt und nachherige, von unten nach oben fortschreitende Vergrösserung und Ausbildung derselben.

In einem etwas späteren Entwickelungsstadium findet man auf Längsschnitten durch die Spitze des Fruchtträgers einen kurzen und engen, oben offenen Längscanal mitten in dem Fadenbündel, welches den urprünglichen Vegetationspunkt gebildet hatte. Es sieht aus als seien die Elemente des letzteren an bezeichneter Stelle auseinander gewichen, doch bleibt es zweifelhaft, ob der Canal wirklich auf diese Art entsteht. oder dadurch, dass die Verlängerung der Hyphen in der Mitte des Vegetationspunktes aufhört, in dem Umfange desselben aber fortdauert. Wie dem auch sei, das Spitzenwachsthum dauert jetzt allein in denjenigen Fadenenden fort, welche, etwas nach innen gekrümmt, rings um den Rand der engen Canalmündung liegen, der Körper vergrössert sich in Folge der Zellbildung in diesem Vegetations*rande*. Dicht unter dem letzteren entstehen auf der Aussenseite des Körpers die Anfänge der Corticalschichte in der oben beschriebenen Weise; auf der Wand des Längscanals treten, in centrifugaler Folge, die Anlagen des Hymeniums auf.

Die Entstehung des Canals beginnt schon in solchen Fruchtträgern, deren Ende von aussen noch dieselbe feine Zuspitzung zeigt, wie in dem ersten Entwickelungsstadium. Ihr Anfang ist nur mit dem Mikroskop sichtbar. Durch die Entwickelung der Hymeniumbestandtheile und die Ausdehnung des Gewebes, welches seine Wand bildet, wird der Canal allmählich erweitert, die Hyphenenden, welche den Rand seiner Mündung bilden, bleiben jedoch nach innen gekrümmt, die Mündung selbst daher sehr eng, das obere Ende des Fruchtträgers schwillt somit zu stumpf-keulenförmiger Gestalt an. Indem nun das Spitzenwachsthum der Hyphen rings um den Rand und die ihm auf dem Fusse folgende Anlegung von Corticalelementen einerseits, von Hymeniumbestandtheilen andererseits eine Zeit lang fortdauert, und in gleicher Folge eine Dehnung der Zellen und besonders eine starke Flächenvergrösserung der Hymenialschichte eintritt, erhält das obere Ende des Fruchtkörpers schliesslich die Gestalt des für die Species characteristischen, trichterförmigen, zuletzt oft seine Ränder nach aussen umkrämpenden Bechers.

Bei anderen gestielten Peziza-Arten, z. B. P. nivea, habe ich die erste Anlegung des Bechers nicht beobachtet, dagegen ist es leicht zu bemerken und auch mehrfach schon dargestellt worden, wie sie durch Neubildung in ihrem Anfangs eingerollten Rande eine Zeit lang wachsen und zuletzt durch eine in centrifugaler Richtung fortschreitende Dehnung ihrer Gewebelemente ihre definitive Form annehmen.

Ein sehr geeignetes und ferneren Beobachtern zu empfehlendes Object, um Entwickelung und Wachsthum zu beobachten, sind die Fruchtträger von Thelephora hirsuta (Fig. 23) und vielen anderen ähnlich gestalteten Hymenomyceten. Die lederartigen Fruchtkörper genannter Species, welche als halbirte, stiellose, seitlich angewachsene Hüte bezeichnet werden, stellen bekanntlich in der Regel unregelmässig rundliche, flache Scheiben dar, deren grösserer Theil von dem Substrate rechtwinkelig absteht, während der andere, oft sehr kleine Theil letzterem fest angewachsen ist: und zwar hat der abstehende Theil gewöhnlich horizontale Richtung, seine obere Fläche ist mit einem dichten Haarüberzug, seine untere mit dem Hymenium bedeckt. Von anderen, öfters vorkommenden unregelmässigeren Formen kann hier füglich abgesehen werden.

Die Fruchtträger treten zuerst auf in Form halbkugeliger, 1—2 Millim. grosser, grauweisser Fadenbüschel. Sie entspringen von derben Myceliumfäden, welche in Masse das todte Holz durchsetzen, das von dem Pilze bewohnt wird. Die Büschel werden von zahllosen Hyphen gebildet, welche ziemlich regelmässig wie Kugelradien von einem Centrum ausstrahlen. In letzterem sind sie dicht mit einander verflochten, gegen die Oberfläche hin durch immer weiter werdende Zwischenräume getrennt, die Oberfläche selbst daher mit abstehenden Haaren bedeckt. Letztere erscheinen unter dem Mikroskop farblos oder gleichförmig bräunlich, die Hyphen des centralen Geflechtes durch Körnchen rothgelbem Pigments gefärbt. Mit der weiteren Entwickelung nimmt die (in Beziehung auf das vertical gedachte Substrat) untere Hälfte des halbkugeligen Körpers rothgelbe Farbe und eine glattere, sammetartig aussehende Oberfläche an. Dünne, der Faserung folgende Radialschnitte zeigen, dass, soweit die letzterwähnte Beschaffenheit reicht, zahlreiche, meist rothgelbe Pigmentkörnchen enthaltende Hyphen von dem centralen Geflechte strahlig gegen die Ober-

fläche gewachsen sind, sich in grosser Menge allenthalben zwischen die ursprünglich vorhandenen Haare eingeschoben und diese zwischen sich eingeschlossen haben. Die obere Hälfte des halbkugeligen Körpers behält ihre ursprüngliche Beschaffenheit bei. Nun beginnt ein lebhaftes Längen- und Spitzenwachsthum derjenigen Hyphen, welche in den Rand der rothgelben unteren Fläche der Hutanlage verlaufen, während die in der Mitte letzterer endigenden sich nicht oder nur wenig verlängern. Die Unterfläche wird daher concav und der horizontale Theil des Hutes hebt sich von dem Substrat ab. An dem Rande dieses Theiles schreitet nun das Spitzenwachsthum der Fäden weiter fort. Durchschnitte zeigen, dass derselbe aus einer mächtigen und dichten Lage leicht gegen die Unterfläche geneigter, stumpfer, ziemlich dicker, meist rothgelbe Pigmentkörner enthaltender Fadenenden besteht. Gegen die Ursprungsstelle des Hutes hin setzen sich diese continuirlich in die fertigen Hyphen der Hutsubstanz fort, welche von ihnen durch vollkommen wasserhellen Inhalt, nicht durch grössere Dicke verschieden sind, und der Hutoberfläche parallel strahlig verlaufen. Dicht hinter dem fortwachsenden Rande beginnt die Differenzirung der Hutsubstanz in eine untere, farblose Markschicht und eine obere, dünne, durch hellbraun gefärbte Zellmembranen ausgezeichnete Rindenschicht. Und dem Rande noch näher fängt auf der oberen Fläche die Entwickelung zahlreicher Haare, auf der unteren die des Hymeniums an. Erstere sind abstehende oder zurückgekrümmte, einfache und derbe Hyphenzweige. Die äussersten derselben überragen und bedecken meistens den wachsenden Rand. Gegen die Hymenialfläche hin wenden sich dicht hinter dem Rande zahlreiche Zweige in schrägem, leicht bogigem Verlauf. Je weiter nach der Basis des Hutes hin, desto zahlreichere Hymenialelemente schieben sich zwischen die erstvorhandenen ein und desto mehr nehmen alle die zur Oberfläche senkrechte Stellung der ausgebildeten Hymeniumbestandtheile an. Der dem Substrat anliegende Theil des Hutes zeigt wesentlich die gleichen Wachsthumserscheinungen, wie der abstehende; nur dringen die Haare seiner Aussenfläche als W u r z e l h a a r e in das Substrat ein. Wie die von Schmitz ausgeführten Messungen und die mikroskopische Untersuchung zeigen, findet die Vergrösserung des Hutes nur zunächst dem Rande statt.

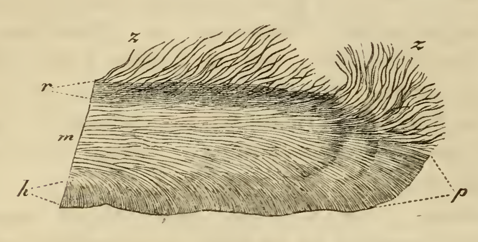


Fig. 23.

Die central-gestielten, schirmförmigen Hüte der gymnocarpen Agarici (vgl. Fig. 24) stellen in der frühesten Jugend dem Mycelium aufsitzende cylindrische, ovale, selbst kugelige Körperchen dar, deren oberes Ende etwas zugespitzt ist und welche durchweg aus ungemein zarten, festverbundenen, longitudinal verlaufenden Hyphen bestehen. Schon sehr früh — bei den von mir unter-

Fig. 23. Thelephora hirsuta. Senkrechter, radialer Durchschnitt durch den Rand eines frischen Hutes, schwach vergr., halb schematisch den Hyphenverlauf zeigend. *p* fortwachsender Rand, hinter demselben 2 Zonen. *h* Hymenialschicht, *m* Medullar-, *r* Rindenschicht, *z* Haarüberzug.

suchten Formen zur Zeit wo der ganze Körper erst ½ — 2 Millim. lang ist — wachsen die das obere Ende bildenden Spitzen der Hyphen strahlig divergirend und gleichzeitig sich reich verzweigend auseinander. Es entsteht hierdurch ein halbkugeliges, von dem unteren Theile durch eine flache Ringfurche abgesetztes Köpfchen, die Anlage des Hutes (Fig. 24, *a*). In den Hyphenenden, welche den Rand derselben bilden, beginnt nun ein lebhaftes Spitzenwachsthum: sie verlängern sich fort und fort, wobei sich, in allen mir bekannten Fällen, der Hutrand mehr oder minder nach innen rollt. Die Enden behalten dabei die ursprüngliche Dicke und bleiben so dicht verflochten wie zu Anfang, sie müssen daher in der Richtung der Hutoberfläche fortwährend neue Verzweigungen zwischen die erstvorhandenen einschieben. Die gegen den Scheitel des Hutes verlaufenden Fäden hören früh auf sich zu verlängern. Sie wachsen zu dem Gewebe der Hutmitte heran, während von den in den Rand verlaufenden, in dem Maasse als letzterer sich vorschiebt, zahlreiche Zweige gerade oder bogig nach oben und aussen entsendet werden, die gleichfalls bald aufhören sich zu verlängern und sich zu dem Gewebe der Hutsubstanz ausbilden (Fig. 24, *b*). Gleichzeitig mit diesen, und gleichfalls in centrifugaler Folge, wachsen von der unteren Fläche der in den Rand verlaufenden Schichte dicht gedrängte Zweige aus bogiger Basis senkrecht gegen die Hutunterfläche: die Anfänge des hymeniumtragenden Gewebes und des Hymeniums selbst. Sie sind zuerst gleichlang, die Hymenialfläche ist, wie Hoffmann richtig gegen eine frühere irrige Angabe von mir hervorhebt, zuerst, wenn auch nur kurze Zeit, glatt. In mit einander abwechselnden radialen Streifen findet die Verlängerung der senkrecht nach unten wachsenden Hymenialhyphen in verschiedenem Grade statt. In den einen dauert sie länger an, sie treten über die glatte Fläche hervor, als Lamellentrama, auf welcher sich die Hymeniumelemente von der Basis gegen den freien Rand (Schneide) fortschreitend, in der oben bezeichneten Stellung erheben. In den Interstitien zwischen den Lamellen hören die Hyphenenden früher auf sich zu verlängern und werden direct zu den Elementen des Hymeniums.

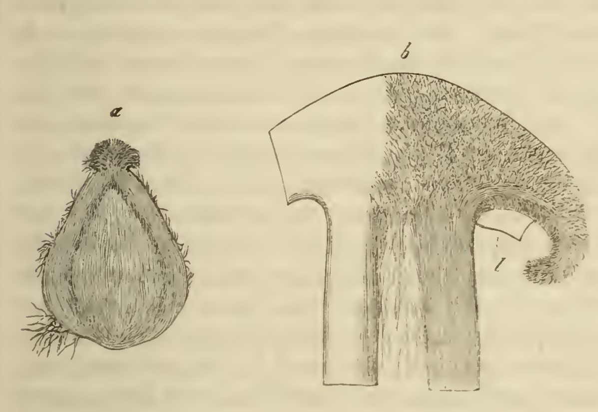


Fig. 24.

Während dieses Wachsthums durch terminale und marginale Neubildung vergrössern sich die von dem Vegetationspunkte oder Vegetationsrande entfernten

Fig. 24. Agaricus (Collybia) dryophilus Bull. Radiale Längsschn., schwach vergr., der Fadenverlauf angedeutet.
a Ganz junges, 1⅓ Mm. hohes Exemplar, vollständig. Erster Anfang der Hutanlage.
b Aelteres Exemplar, Hut 2,5 Mm. breit. *l* Stück einer Lamelle.

Theile durch Ausdehnung ihrer Zellen, und zugleich differenzirt sich ihr anfangs überall gleichartiges Gewebe in die verschiedenen beim reifen Fruchtträger vorhandenen Schichten. Auch dieser Process schreitet, wie leicht zu beobachten ist, im Stiele von unten nach oben, im Hute von der Mitte zum Rande fort. Auf der Ausdehnung der stets sehr kleinen ursprünglichen Elemente zu einem Vielfachen ihrer primären Grösse beruht, zumal bei den rasch wachsenden fleischigen Fruchtträgern, die dem blossen Auge wahrehmbare Vergrösserung jedenfalls zum grössten Theile. Bei Agaricus (Mycena) vulgaris z. B. konnte ich durch Messung der Zellen und Bestimmung ihrer Anzahl auf dem Querschnitt feststellen, dass das ganze Längen- und Dickenwachsthum des durchschnittlich 50—60 Mm. lang werdenden Stieles von dem Zeitpunkte an, wo seine Länge 3 Mm. beträgt und seine Zellen genau messbar sind, so gut wie ausschliesslich durch Dehnung der letzteren geschehen muss. Dasselbe Resultat erhielt ich für Nyctalis parasitica; ein ähnliches, wenngleich wegen der sehr ungleichen Länge der auf gleicher Höhe stehenden Zellen minder bestimmtes bei Agaricus (Collybia) dryophilus Bull. Im Hute sind genaue Messungen wegen der Krümmungen und Ungleichheiten der Zellen kaum ausführbar, doch zeigt hier der Augenschein gleichfalls eine in centrifugaler Richtung fortschreitende oft gewaltige Ausdehnung der Gewebelemente. Ob überhaupt in den von dem Vegetationsrande entfernteren Theilen auch noch eine Neubildung von Zellen durch Quertheilung der vorhandenen primären Hyphenglieder und durch Bildung neuer Zweige stattfindet, scheint mir zweifelhaft. In den soeben erwähnten beiden Fällen findet es nicht statt, diese sind jedoch zu vereinzelt, um eine allgemein gültige Behauptung zu erlauben. Es kommen häufig an den bedeutend ausgedehnten oder in Ausdehnung begriffenen Hyphen Zweige vor, welche die Dicke der primären nicht oder wenig übertreffen, reich an Protoplasma sind und hierdurch wie jung entstandene aussehen. Ob sie dies aber wirklich sind, und nicht vielmehr von Anfang an vorhanden, ohne an der späteren Ausdehnung Theil zu nehmen, muss erst durch fernere Untersuchungen festgestellt werden.

Unzweifelhaft findet in dem Hymenium noch lange Zeit nach der ersten Anlegung eine Einschiebung zahlreicher neuer Elemente zwischen die erstvorhandenen statt. Die hierdurch und vermittelst gleichzeitiger Dehnung der benachbarten Gewebeportionen stattfindende Vergrösserung der unteren oder hymenialen Seite bewirkt, dass die Theile des Hutes mit ihrer Entfernung vom Rande früher oder später aus der zuerst eingerollten Form gerade gestreckt werden. Zuletzt steht das marginale Wachsthum und die ihm folgende Dehnung im Stiele und der oberen Seite des Hutes still. An der Hymenialfläche dauert das Wachsthum durch Einschiebung und Dehnung dagegen häufig fort, und hierdurch wird der Hut zuletzt aus seiner anfangs meist glockigen oder kegelförmigen Gestalt, wie ein Regenschirm aufgespannt, oder sein Rand selbst in die Höhe gerichtet oder nach oben umgebogen.

Auf die Verschiedenheiten, welche in der Entwickelung und Gestaltung des Hutes einzelner Gruppen und Arten stattfinden, kann hier um so weniger eingegangen werden, als wir erst eine sehr beschränkte Zahl genauer Beobachtungen über solche besitzen. Vorstehende Darstellung gründet sich auf eigene Untersuchungen an Ag. (Mycena) vulgaris Pers., Ag. (Collybia) dryophilus

Bull., Nyctalis parasitica Fr.; auf die mit Herrn Woronin gemeinschaftlich verfolgte Entwickelungsgeschichte von Agaricus (Clitocybe) cyathiformis, Cantharellus infundibuliformis und auf die Arbeiten H. Hoffmanns. Sie stimmt mit den letzteren überein, bis auf die geringe Differenz, dass nach Hoffmann die Hyphen der Hutmitte bei der Section Mycena nicht radial gegen die Oberfläche verlaufen und in dieser endigen, sondern der Hutoberfläche parallel (so verstehe ich den Ausdruck horizontal) laufen sollen. Es mögen in dieser Beziehung vielleicht Artunterschiede vorhanden sein. Bei Ag. (Mycena) vulgaris ist der Verlauf der von mir angegebene und in dem jugendlichen Hute deutlich zu erkennen. Später ist dies allerdings nicht mehr der Fall, indem das ganze oberflächliche Gewebe des Hutes die Beschaffenheit eines zähen Gallertfilzes annimmt, dessen Hyphen ordnungslos durcheinander gerichtet sind, und die sich als eine zusammenhängende Haut von dem Hute abziehen lässt.

Das an den obigen Beispielen beschriebene Spitzen- oder centrifugale Wachsthum kommt, soweit die vorhandenen Beobachtungen reichen, allen oder doch jedenfalls der überwiegenden Mehrzahl der grösseren gymnocarpen Fruchtkörper zu. Die speciellen Modificationen, welche es nach den einzelnen Formen erleidet, bedürfen hier keiner ausführlichen Erwähnung. Nur das Eine sei noch besonders bemerkt, dass die verschiedenartigen Vorsprünge auf der Hymenialfläche der Hymenomyceten eine durchaus ähnliche Entwickelung haben, wie die Lamellen der Agaricinen. In der Jugend und nächst dem sich vorschiebenden Rande ist die Hymenialfläche, wenn auch nur eine kurze Strecke weit, glatt, sie wird gebildet von Hyphenenden, welche aus bogiger Basis senkrecht gegen sie verlaufen. Gruppen dieser Hyphen, je nach der Species und Gattung von verschiedener Gestalt, treten allmählich über die glatte Fläche hervor, als die Trama der Vorsprünge. Auf der Trama entwickeln sich, von ihrer Basis gegen den freien Rand hin fortschreitend, die Elemente des Hymeniums; die in den Interstitien zwischen den Vorsprüngen liegenden Hyphenenden werden direct zu Hymeniumbestandtheilen. Die Ausbildung des ganzen Hymeniums beginnt in den Interstitien und schreitet von hier aus gegen die freien Ränder der Vorsprünge fort. Die successive Entwickelung der ganzen Hymenialfläche lässt sich besonders schön bei langsam wachsenden, lederartigen Formen, z. B. Polyporus adustus, verfolgen.

Bei den meisten hierher gehörenden Fruchtträgern, zumal den fleischigen, geht das Wachsthum continuirlich vor sich und erreicht bald sein Ende. Es kann durch ungünstige Bedingungen kurze Zeit verlangsamt oder zum Stehen gebracht werden, um später weiterzugehen: stärker einwirkende Schädlichkeiten, zumal andauernde Trockenheit und Kälte, setzen ihm ein für allemal ein Ziel. Die Toleranz gegen die genannten ungünstigen Einflüsse ist übrigens je nach den einzelnen Arten sehr verschieden. Auf der anderen Seite besitzen die Hüte zahlreicher lederartiger und holziger Hymenomyceten die Fähigkeit, das sistirte Wachsthum von neuem zu beginnen, sobald die hierfür günstigen Bedingungen (Feuchtigkeit, Wärme) wieder eintreten. Es sind daher bei solchen Pilzen abwechselnde Perioden des Stillstandes und des Wachsthums zu unterscheiden. Während jeder Stillstandsperiode nehmen die in dem Rande und der Oberfläche des Fruchtkörpers liegenden Hyphenenden in vielen Fällen eine andere, meist dunklere Farbe an, wie das übrige Gewebe. Man findet

dieses daher auf Durchschnitten von dunklen Linien in ebensoviele Zonen abgetheilt, als der Pilz Stillstands- und Wachsthumsperioden durchgemacht hat (s. z. B. Fig. 23). Ferner nimmt das Gewebe der unfruchtbaren Oberfläche am Anfang einer jeden Wachsthumsperiode häufig eine andere Farbe an, als am Ende, und erhebt sich zugleich oft zu Anfang der Wachsthumsperiode plötzlich in Form eines um den ganzen Hutrand gehenden Wulstes, der sich mit dem fortschreitenden Wachsthum wiederum gegen den Rand hin abflacht. Die Perioden des Stillstandes und Wachsens sind daher auch auf der sterilen Oberfläche des Pilzes durch concentrische, dem Hutrande gleichlaufende Zonen bezeichnet, welche den inneren meist genau entsprechen, in anderen Fällen jedoch minder deutlich als diese hervortreten. Es ist kaum nöthig, für solche Pilei zonati Beispiele anzuführen, da sie vielen der gemeinsten und bekanntesten Pilze, wie Thelephora hirsuta, Polyporus zonatus, igniarius, fomentarius, Lenzites und ihren Verwandten eigen sind. Die Hymenialseite der meisten dieser Pilze nimmt nur mit der Vorschiebung des Randes fort und fort an Umfang zu, ohne dass damit ein Dickewachsthum nach der Seite des Hymeniums hin verbunden wäre.

Bei einer Anzahl Polyporus-Arten, besonders den Fomentariis Fries (z. B. P. fomentarius, igniarius, Ribis), findet dagegen in jeder Wachsthumsperiode auch eine Verlängerung, der röhrenförmigen Hymenialvorsprünge gegen die freie Hymeniumoberfläche hin statt. Durchschnitte durch ältere Exemplare zeigen die Substanz der Röhrchen daher auf ähnliche Art, wie das innere Hutgewebe in Zonen oder Schichten getheilt, jede dieser entspricht einer Zone der Hutsubstanz und bildet die Fortsetzung derselben, in die äusserste Randzone des Hutes setzt sich die jüngste Hymenialschicht fort, und so weiter. Bei Corticium quercinum Fr. wächst die glatte Hymenialseite (auf noch nicht genau ermittelte Art) schichtenweise in die Dicke, über dem ersten fruchtbaren Hymenium bildet sich ein neues und so mehrmals hintereinander. Ob auch bei anderen Gattungen ähnliche Erscheinungen vorkommen, ist noch genauer zu untersuchen.

Persoon (Essb. Schwämme p. 17) und Fries (Epicris. p. 463) halten die Schichten der erwähnten Polypori für Jahresschichten. So sehr auch die Vergleichung derselben mit den Jahresringen der Dicotyledonen in gewisser Beziehung zutrifft, so ist doch noch nicht bestimmt nachgewiesen, dass bei genannten Pilzen alljährlich nur eine neue Schicht gebildet wird. Bei den meisten anderen bezonten Schwämmen können dagegen im Laufe eines Jahres unzweifelhaft viele Zonen gebildet werden. Schmitz hat dies für Thelephora hirsuta ausführlich nachgewiesen und eine Menge vielzoniger Hymenomycetenhüte hat nur einjährige Dauer.

2. Fruchtträger der beschleierten Hymenomyceten.

Von der Gruppe der Agaricinen besitzt jedenfalls eine grosse Anzahl gymnocarpe Fruchtträger. Allerdings kennt man erst von zu wenigen die Entwickelungsgeschichte genau genug, um bestimmt sagen zu können, welches die Gesammtheit der gymnocarpen und welches die anderen seien. Doch kann einstweilen wohl mit Bestimmtheit angegeben werden, dass zu jenen z. B. die Abtheilungen gehören, welche Fries unterscheidet mit den Namen Clitocybe, Mycena, Omphalia, Pleurotus, Paxillus, Gomphidius, Lactarius, Russula, Can-

tharellus, Nyctalis, Marasmius, Lentinus, Panus, Schizophyllum, Lenzites. Von der Section Collybia gehört ein Theil, wie A. dryophilus, tuberosus, cirrhatus ebenfalls hierher, während nach Hoffmann's Angabe, die ich in Ermangelung genauer eigener Untersuchungen nicht anzweifeln will, andere, wie velutipes und fusipes, nicht rein gymnocarp sind.

Eine andere, gleichfalls beträchtliche Anzahl Agaricinen wird als Agarici velati, Beschleierte, von den gymnocarpen unterschieden. Die Gruppen Amanita, Lepiota, Armillaria, Volvaria, Pholiota, Hypholoma, Psalliota, denen sich bestimmt Coprinus anschliesst, gehören sicher hierher. Für die übrigen, bisher nicht genannten Abtheilungen (z. B. Tricholoma, Cortinarius, Hygrophorus, Bolbitius u. a. m.) müssen fernere entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen erst zeigen, in wie weit sie den beschleierten oder den gymnocarpen zuzurechnen sind.

Der Fruchtträger der Agarici velati hat zur Zeit seiner Reife im Wesentlichen die gleiche Gestalt und Gliederung, wie bei den gymnocarpen. In der Jugend aber ist entweder der ganze Körper oder die Hymenialfläche allein von einer geschlossenen Hülle umgeben, welche erst gegen die Reifezeit hin durchbrochen wird und auch an dem völlig entfalteten Fruchtträger bestimmte Spuren hinterlässt. Eine solche Hülle, die man nach Persoon Involucrum, nach Fries allgemein Velum, Schleier nennt, kommt in zweierlei Formen vor. Erstlich als ein den ganzen Träger, insbesondere auch den Scheitel des Hutes umziehender Sack, welcher anfangs geschlossen ist, bei der Entfaltung des Hutes aber durchrissen wird, wie z. B. beim Fliegenschwamme: dies die Volva, oder das Velum universale nach Fries. Zweitens in Form eines meist häutigen Ueberzuges, welcher einerseits in den Hutrand, andererseits in die Oberfläche des Stieles übergeht, also nur die Hymenialfläche einschliesst, den Scheitel des Hutes aber frei lässt: Velum partiale Fr. Mit der Entfaltung des Hutes wird dieses Velum partiale gleichfalls zerrissen, entweder in unregelmässige und oft sehr vergängliche Fetzen, die dem Hutrande anhängen und dann Schleier, velum im engern Sinne (Persoon), oder Cortina, Vorhang heissen; oder es löst sich längs des Hutrandes los und bleibt dem Stiele in Form eines häutigen Ringes, annulus, aufsitzen. Je nachdem das Velum partiale in der Jugend von der Insertionsstelle des Hutes über die Hymenialfläche, oder von dem Hutrande abwärts zum Stiele verlief, hat der Ring entweder die Form eines nach unten verbreiterten, am Stiele herabhängenden Trichters: annulus superus, armillla, Manchette (Agar. muscarius), oder eines nach unten dem Stiel anliegenden und nach oben erweiterten: annulus inferus (Agar. Lepiota granulosus u. s. w.). Die Volva und das Velum partiale können entweder an demselben Hute zusammen vorhanden sein (Amanita muscaria); oder die eine (Amanita vaginata) oder die andere (Agaricus campestris) für sich allein.

Was das Velum eigentlich ist, in welcher Weise es und die übrigen Theile in ihm entstehen, darüber sagen die älteren Autoren nicht viel mehr, als die soeben gegebene kurze Skizze. Nach Fr. Nees von Esenbeck ist die Volva von Agaricus volvaceus zuerst ein leeres, geschlossenes Säckchen, in welches Stiel und Hut vom Grunde aus hineinwachsen. Bonorden definirt das Velum universale als das zu einer besonderen Hülle verwebte Mycelium, das partielle als

eine in den Hutrand übergehende Fortsetzung der äussersten Zellreihen des Stieles.

Soweit ich mir nach eigenen Untersuchungen ein Urtheil erlauben kann, verhält es sich zunächst mit dem Velum partiale folgendermassen (Fig. 25, 26).



Fig. 25.

Der Fruchtträger mancher Agaricinen (Agaricus campestris, praecox P., Coprinus micaceus und Verwandte) ist in der ersten Jugend ein aus zarten Hyphen dicht und gleichförmig zusammengeflochtener Körper. Schon sehr früh werden durch Differenzirung des ursprünglich gleichartigen Geflechtes die Haupttheile des Fruchtträgers abgegrenzt und angelegt. Im Innern des oberen Theiles des Körpers entsteht durch Auseinanderweichen der Gewebselemente eine schmale und enge luftführende Lücke von der Gestalt eines horizontalen Ringes (25, 26, *a*). Was über dieser liegt wird zu dem Hute, das von ihr umringte und unter ihr befindliche Gewebe zum Stiele. Das Gewebe an ihrer Aussenseite entspricht dem Hutrande, seine Hyphen setzen sich aber ohne Unterbrechung oder Veränderung in die der Stieloberfläche fort.

Auf der Hutunterfläche, also der oberen Wand der Lücke, treten gleichzeitig mit der Entstehung letzterer, vielleicht selbst schon vorher, die Anfänge des Hymeniums hervor, in Form dicht gedrängter, senkrecht gegen die genannte Fläche verlaufender, zarter und protoplasmareicher Hyphenäste. Die Anlegung aller dieser Theile geschieht bei Agar. praecox u. campestris in den 1—2,5 Mm. grossen, bei Copr. micaceus in kaum ½ Mm. grossen Körpern. An dem nun folgenden Wachsthum des Körpers nehmen zunächst alle seine Glieder Antheil. Eine in centrifugaler oder basifugaler Richtung fortschreitende Anlagerung neuer Gewebselemente an die vorhandenen, wie sie für die gymnocarpen Fruchtträger

Fig. 25. Coprinus micaceus Fr. *a* 2 Mm. langes, junges Exemplar. Radialer Längsschn. Ringförmige Luftlücke unter der künftigen Hymenialfläche. (Schwach vergr.) *b* 3,5 Mm. langes Exemplar, radialer Längsschnitt, schwach vergr. *c* Dünner radialer Längsschnitt durch ein noch etwas jüngeres Exemplar als *b*; *d* Querschnitt durch die Mitte des Hutes desselben. *d* 90mal, *c* etwas weniger vergr.

beschrieben wurde, findet bei den hier in Rede stehenden nicht statt. Auf der Hymenialfläche werden allenthalben neue Hyphen zwischen die erstvorhandenen eingeschoben und die Lamellen gebildet auf wesentlich die gleiche Weise, wie bei den gymnocarpen Agaricis. In allen übrigen Organen beruht das Wachsthum von einem sehr frühen Stadium an jedenfalls zum grössten Theile auf Ausdehnung vorhandener Zellen; diese geschieht in allen Theilen gleichzeitig, im Stiele allerdings am Grunde beginnend und nach oben fortschreitend. Auch die dem Hutrande und Stiele gemeinsamen Hyphen nehmen an dem allgemeinen Wachsthum Theil, jener bleibt in seiner ursprünglichen Verbindung mit der Oberfläche des letzteren. Die über dem angewachsenen Hutrande liegenden Portionen von Stiel und Hut vergrössern sich, gleichen Schritt haltend, derart, dass die Hymenialfläche aus der ursprünglich horizontalen Stellung in eine nach aussen und unten geneigte, oder, bei Coprinus, selbst senkrechte, der cylindrischen Stieloberfläche parallele übergeht. Der Raum zwischen Stiel und Hutsubstanz wird meist fast vollständig von den Lamellen ausgefüllt, bei Coprinus micaceus und fimetarius wachsen diese sogar mit ihren Schneiden dem Stiele fest an. (Fig. 25, 26, *b*, *c*, *d*).

Früher oder später breitet sich nun der Hut, unter fortdauernder Dehnung seiner Zellen, zu der bekannten Schirmform aus. Bei Coprinus micaceus und Verwandten trennt sich dabei sein Rand glatt von der cylindrischen Stieloberfläche ab, ohne Ring oder Vorhang zu bilden. In anderen Fällen (Agaricus campestris, praecox) beginnt der Hutrand sehr frühe sich vom Stiele nach aus-

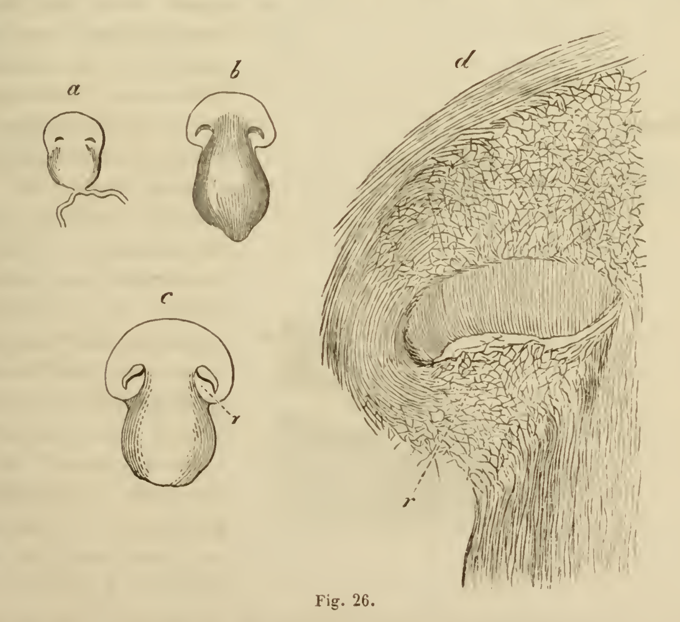


Fig. 26.

Fig. 26. Agaricus campestris L. *a*—*c* Drei Entwickelungsstadien des Hutes, radialer, senkrechter Längsschnitt, wenig über natürl. Grösse (*a* 6 Mm., *b* 16 Mm. lang). Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. *d* Dünner Schnitt von *b*, vergrössert, den Verlauf der Hyphen anzeigend (nach stärkerer Vergr. halbschematisch). *r* Ring.

sen zu richten, löst sich aber von letzterem nicht los, sondern hebt die in ihn überlaufende oberflächliche Gewebeschicht ab und zieht sie mit sich; und zwar betrifft dieses nicht nur die unmittelbar an den Hutrand grenzende Zone letzterer, sondern auch ein ziemlich grosses über dem Hutrande, an den Lamellenschneiden liegendes Stück derselben. Die durch den Hutrand abgehobene Schichte wird allerdings theilweise vom Stiele losgezerrt und gelockert, keineswegs jedoch nur mechanisch gedehnt und gelöst; das Gewebe, aus welchem sie besteht, zeigt vielmehr eine Zeit lang lebhaftes, je nach den Species verschiedenes Wachsthum, und hält gleichen Schritt mit der Ausdehnung der übrigen Theile. Diese abgehobene Schichte ist das vom Hutrande zum Stiele ausgespannte Velum partiale, welches zuletzt zerreisst um seine Reste als Ring und Vorhang zurückzulassen. (Fig. 26.)

Ueber die Natur des Velum universale muss die Untersuchung von Amanita den besten Aufschluss geben, da das genannte Organ bei dieser Gattung am ausgebildetsten ist. Die Entwickelungsreihe, welche Woronin und ich von A. muscaria und A. rubescens (Fig. 27) erhalten konnten, beginnt mit einem Stadium, wo der Pilz einen etwa 10 Mm. langen, unregelmässig ovalen Körper darstellt, auf dessen oberem Ende oder Scheitel eine abgeflacht-halbkugelige, von einer seichten Furche umgebene Prominenz hervortritt. Auf dem frischen, radialen, senkrechten Längsschnitte erscheint die Hauptmasse des Körpers weiss gefärbt (27 *a*). In der halbkugeligen Hervorragung liegt, unter einer gleichfalls weissen oberflächlichen Schichte ein dünner, in reflectirtem Lichte wässeriggrauer, an dünnen Schnitten durchscheinender Meniscus. Von der Mitte dieses geht ein kurzer Streifen gleichen Ansehens senkrecht nach unten, sich allmählich verbreiternd und in das weisse Gewebe verlierend.

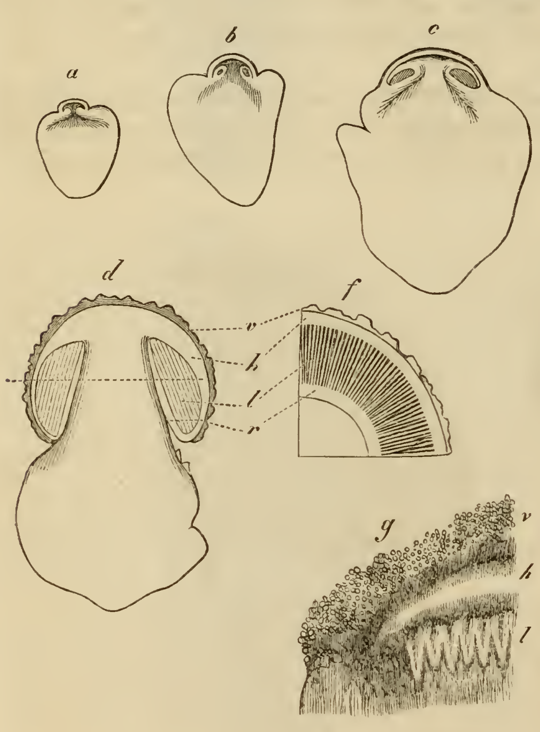


Fig. 27.

Fig. 27. Amanita rubescens Fr. *a*—*d* radiale Längsschnitte durch Fruchtträger verschiedenen Alters, kaum vergr. (*a* 9 Mm. lang u. s. f.) Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. *d* kleines, fast fertiges Exemplar. *f* Querschnitt durch *d*, in der Richtung der punctirten Linie. *g* dünner tangentialer Längsschnitt durch die Hut- und Lamellenanlage von *b*, schwach vergr. Von der Volva ist nur die innere Portion erhalten. In allen Figuren bedeutet *v* Volva, *r* Ring, *h* Hutsubstanz, *l* Lamellen.

Der Meniskus ist die spätere Hutoberfläche, die weisse Schicht über ihm das Velum universale oder die Volva, der senkrechte axile Streif die Mitte des Stiels, die weisse Hauptmasse des Körpers die knollige Stielbasis (Bulbus). Das Gewebe des grösseren, peripherischen Theiles des Bulbus und das der Volva besteht aus einem wirren Geflechte feiner Hyphen, welchem allenthalben zahlreiche grosse, blasige Zellen eingelagert sind; letztere sind leicht als einzelne oder gereihte Glieder- und Astzellen der dünnen Hyphen zu erkennen. In der Hutanlage und der ganzen an sie grenzenden Mitte des Bulbus fehlen die grossen Zellen, die genannten Theile bestehen lediglich aus einem dichten Geflechte sehr zarter, protoplasmareicher Hyphen, dessen Interstitien, soweit die weisse Färbung reicht, lufthaltig, in den grauen, resp. durchscheinenden Partieen luftfrei oder luftarm sind. Beide Gewebeformen gehen allenthalben ganz allmählich in einander über; auch zwischen der Volva und der Hutoberfläche verschwindet die scharfe Grenze mit Austreibung der Luft.

In etwas grösseren Körpern (27, *b*) erscheint die Anlage der Hymenialschichte oder der Lamellen in Form eines schmalen und niedrigen, blassgrauen Ringes, welcher horizontal unter der Hutoberfläche steht und von dieser durch eine Schichte weissen Gewebes (die Hutsubstanz) getrennt ist. Um den Rand der Hutanlage gehen die weissen Geweheportionen, Volva, Stiel, Hutsubstanz continuirlich in einander über. Senkrechte, zum Hutrande tangentiale Längsschnitte (27, *g*) zeigen, dass in der Hymenialzone die Lamellen vollständig angelegt sind, in Form messerförmiger, mit der Schneide nach unten sehender Geweheplatten, aus welchen, mit Ausnahme eines schmalen, der Mitte der späteren Trama entsprechenden Streifens, die Luft verschwunden ist. Die Zwischenräume zwischen den Lamellen werden durch Geweheplatten ausgefüllt, welche gleichfalls messerförmig, mit der Schneide nach oben gekehrt und etwas schmäler sind, als die Lamellen. Die Grenze zwischen letzteren und den interstitiellen Platten wird durch eine sehr dünne, lufthaltige Schichte bezeichnet. Die Schneide der Lamellen ist nicht abgegrenzt. Das Gewebe der ganzen Hymenialzone ist ein wirres Geflecht der erwähnten zarten, protoplasmareichen Hyphen; höchstens in der Region, welche der späteren Trama entspricht, kann man eine Andeutung eines senkrecht gegen die Schneide gehenden Verlaufes erkennen. Treibt man die Luft aus, so schwindet jede Grenze zwischen den Lamellen und ihrer Umgebung.

In noch späteren Stadien sind die Lamellen gleich allen übrigen Theilen grösser, leicht von einander trennbar, die Trama und die auf ihr senkrecht stehenden Hymeniumelemente deutlich und von einer im Wesentlichen gleichen Beschaffenheit, wie bei den gymnocarpen Agaricis. Die Schneide der Lamellen geht aber auch jetzt noch continuirlich in das an sie grenzende Stielgewebe über. Die interstitiellen Platten sind nicht mitgewachsen; an ihrer Stelle liegt zwischen den Lamellen theils ein vielfach durchbrochener, lockerer, feinfädiger Filz, der bald völlig verschwindet, theils dürften ihre Reste in den feinen leistenförmigen Hervorragungen zu suchen sein, welche sich von der Stieloberfläche aus zwischen die Lamellenschneiden einschieben und späterhin auf jener wie feine Fältelungen erscheinen. Ob zwischen den dem Stiele angewachsenen Lamellen in diesem Entwickelungsstadium noch neue, kleinere und den Stiel nicht erreichende entstehen, ist noch zu untersuchen.

Nach der beschriebenen Abgrenzung beginnt nun eine gewaltige Vergrösserung aller Theile (27, *c*, *d*, *f*); in der Hymenialfläche unter andauernder Neubildung von Formelementen wie bei den oben beschriebenen Agaricis, in allen übrigen Regionen jedenfalls unter beträchtlicher Ausdehnung der vorhandenen Zellen; in wieweit auch hier Neubildung stattfindet ist noch zu untersuchen. Indem der Stiel sich oberhalb des Hutrandes stark in die Länge streckt, und der Hut sich, hiermit Schritt haltend, in der Richtung seiner Oberfläche vergrössert, sein Rand aber dem Stiele angewachsen bleibt, werden die Lamellen aus ihrer anfangs horizontalen in eine fast senkrechte, der Oberfläche des conisch-cylindrischen Stiels parallele Stellung übergeführt; ihre Schneiden bleiben mit dem Stiele verwachsen. Während der Vergrösserung grenzt sich die oberflächliche, den Lamellen angewachsene Gewebeschicht des Stieles allmählich von dem übrigen ab, zu einer besonderen, ziemlich mächtigen Haut — velum partiale —, welche die Lamellenschneiden von der Insertionsstelle bis zum Rande des Hutes überzieht und in letzteren übergeht. Schliesslich steht zuerst das Wachsthum der Volva still, während Stiel und Hut sich zu vergrössern fortfahren und letzterer sich zu der bekannten Schirmform ausbreitet. Die Volva wird daher durchrissen, längs des Hutrandes ringsum, auf der Hutoberfläche zu den bekannten Stückchen zerklüftet, welche dem reifen Hute als Warzen aufsitzen. Mit der Aufspannung des Hutes wird das velum partiale zuerst vom Stiele abgehoben, bald lösen sich Lamellen und Hutrand von ihm los und lassen es als Annulus superus oder Armilla am Stiele hängen. Amanita vaginata verhält sich, wenigstens in den auf die Anlegung der Lamellen folgenden Stadien, den beiden besprochenen Arten gleich, mit dem Unterschiede, dass die Abtrennung einer Armilla vom Stiele unterbleibt, Lamellen und Hutrand sich ähnlich wie bei Coprinus loslösen, und dass die Volva am Scheitel aufreisst und als zusammenhängende Haut um die Stielbasis stehen bleibt.

Das Mitgetheilte zeigt, dass die beschriebenen, mit Schleier versehenen Agarici von den gymnocarpen dadurch unterschieden sind, dass sich ihr Fruchtträger nicht durch einfach centrifugales Wachsthum eines Hyphenbündels aufbaut, sondern zuerst einen aus gleichförmigem Bildungsgewebe bestehenden Körper darstellt, in dessen Innerem die einzelnen Theile durch Differenzirung angelegt, gleichsam aus der homogenen Grundmasse herausmodellirt werden. Bestimmte peripherische Gewebsportionen werden hierbei als Hüllen von Stiel und Hut abgesondert und zuletzt durchrissen. Die Natur des Velum partiale wird durch Bonordens Definition vollkommen passend bezeichnet. Das Velum universale von Amanita ein Mycelium oder einen Theil eines solchen zu nennen, ist nicht begründet; es ist einfach die peripherische Schichte des Körpers, welche gleich den übrigen Theilen aus dem noch aufzusuchenden Mycelium entstanden sein muss. Man findet nicht selten junge Amaniten neben den entwickelteren, an welchen von der Differenzirung in Hutoberfläche und Volva keine Spur vorhanden ist. Sie stellen Knöllchen dar, von denen die einen durchaus aus einem Gewirr feiner Hyphen mit eingelagerten, zahlreichen, blasigen Zellen bestehen, andere in der Region, wo Hut und Stiel später auftreten, nur zart- und dünnfädiges Gewebe zeigen. In wieweit diese Knöllchen normale Entwickelungszustände darstellen, müssen vollständigere Beobachtungen

erst zeigen, ich habe sie daher in die obige Entwickelungsreihe nicht aufgenommen.

Die Ausbildung und Entfaltung der angelegten Organe geschieht nicht in centrifugaler Folge. Nur beim Stiele beginnt die Streckung am Grunde, um nach oben fortzuschreiten und, wie die Messungen von Schmitz (Linnaea XVI) zeigen, gegen die Spitze hin an Intensität stetig zuzunehmen. In dem Hute scheint die Ausbildung sogar in gewissen Fällen centripetal, vom Rande nach der Insertionsstelle fortzuschreiten. Wenigstens beginnt bei Coprinus micaceus und comatus die durch das Schwarzwerden angezeigte Reife der (Sporen auf den) Lamellen am Hutrande und der Schneide und schreitet von da allmählich nach der Hutmitte und der Lamellenbasis fort. Bei C. fimetarius findet die Reifung auf allen Punkten der Hymenialfläche gleichzeitig statt und dasselbe scheint bei Agaricus campestris, praecox und Amanita der Fall zu sein.

Vereinzelte Beobachtungen und die Darstellungen in Hoffmann's Icones analyticae machen es sehr wahrscheinlich, dass bei allen Agaricini velati und auch bei Boletus luteus und Verwandten die Entwickelung und die Natur der Vela die gleichen sind, wie in den beschriebenen Fällen. Ein Velum universale scheint mir nur bei verhältnissmässig wenigen Formen (Amanita und Volvaria Fries) vorzukommen, alle übrigen Schleierbildungen dagegen nach Art des V. partiale von Ag. campestris, praecox, Coprinus gebildet zu werden. In wieweit diese Vermuthung richtig ist, muss durch fernere Beobachtung der bisher zu sehr vernachlässigten ersten Jugendzustände ermittelt werden. Die Vermuthung steht mit den bestehenden Ansichten und Beschreibungen allerdings im Widerspruch, denn diese reden vom Velum universale auch bei anderen Gruppen, als Amanita und Volvaria. In den Beschreibungen, auch in Hoffmann's Icones analyticae, ist aber nie klar unterschieden zwischen dem Velum, dessen Entwickelung oben bezeichnet wurde, und beliebigen oberflächlichen Gewebeschichten, Haarüberzug und dergleichen; und es bedarf einer gründlichen, vielleicht auch für die Systematik erspriesslichen Durcharbeitung der Agaricinen, um über die Natur aller als Schleier beschriebenen Ueberzüge eine klare Uebersicht zu erhalten.

Der Bau der reifen beschleierten Agaricinen zeigt im Vergleich mit den gymnocarpen wenig durchgreifende Verschiedenheiten; einzelne Gruppen oder Arten haben natürlich auch hier ihre besonderen Eigenthümlichkeiten. Unter den letzteren ist der Ueberzug von dicken, borstenartigen oder rosenkranzförmigen Haaren erwähnenswerth, welcher die meisten Coprini in der Jugend bedeckt und oft Velum genannt wird. Bei der Reife des Hutes zerfallen zumal die rosenkranzförmigen in ihre kugeligen Glieder und diese sind dem Fruchtträger als glänzendes Pulver aufgestreut (C. micaceus, stercorarius, vgl. Fig. 25). Vollkommene Uebereinstimmung mit den gymnocarpen herrscht in dem Bau der Hymenialfläche; auch Coprinus ist hiervon, wie Hoffmann urgirt, Corda (Icon. I, tab. VII) übrigens schon abgebildet hat, nicht ausgenommen, denn die Lamellen zeigen hier die Trama, welche Fries ihnen abspricht, in Form eines schön ausgebildeten Pseudoparenchyms, und es ist wohl nirgends leichter und schöner zu beobachten als hier, wie dieses rundzellige Gewebe sich durch Dehnung der Gliederzellen feiner, fadenförmiger Hyphen entwickelt, welche denselben Verlauf wie die in den Lamellen gymnocarper Formen haben. Hut, Stiel, Velum

zeigen je nach Gruppe und Species faserige oder pseudoparenchymatische Structur. Die Zusammensetzung fast aller ausgebildeten Organe von Amanita aus blasigen Zellen und regellos verworrenen, feinen Hyphen ist vielfach beschrieben worden, am ausführlichsten von Hoffmann (Icon. analyt. Heft 1). Was den Verlauf der Hyphen betrifft, so findet man auch bei den beschleierten Hymenomyceten in den meisten Theilen eine der Form entsprechende mehr oder minder deutliche Faserung. Bildungen eigenthümlicher Art sind von Hoffmann auf der Armilla des Fliegenschwammes gefunden, bei verwandten Arten bis jetzt vergebens gesucht worden. Die Aussenfläche dieses Organs ist von einer dünnen Schichte einer gelblichen, schmierigen, structurlosen Substanz überzogen. Bringt man letztere in Wasser, so erheben sich rasch aus ihr zahlreiche (mikroskopisch kleine) Körperchen von fettglänzendem Ansehen und der Form cylindrischer, meist in einen Knopf endender Stäbchen. Sie zeigen eine lebhafte undulirende und zitternde Bewegung, Gestaltveränderungen, wie Streckung und Verkürzung, Schlingenbildungen, u. s. f. Der Einwirkung des Wassers überlassen werden die Körperchen nach 24 Stunden oder längerer Zeit bewegungslos und nehmen meistens, doch nicht immer, die Gestalt hohler Kugeln mit fettglänzender Wand und wässerigem Inhalt an. Stofflich bestehen die Körper aus fett- oder harzartiger, in Alkohol und Aether löslicher Substanz, welche mit einer geringen Menge eines in genannten Flüssigkeiten unlöslichen, durch Jod gelb werdenden Stoffes gemengt ist. Sie gleichen in ihrer Erscheinung den beweglichen Bildungen, welche man an dem sogenannten Myelin[1]) unter Einwirkung von Wasser beobachtet, und dürften bei genauerer chemischer Untersuchung wohl gleiche oder ähnliche Zusammensetzung wie jenes zeigen.

Die Stäbchen für besondere Organe des Fliegenschwammes zu halten liegt kein Grund vor. Die Substanz, aus welcher sie sich entwickeln, mag vielleicht ein Zersetzungsprodukt der in der Jugend vorhandenen interlamellären Gewebeplatten sein.

Montagnites, eine wie es scheint zu den beschleierten Agaricinen gehörende Gattung, ist von den übrigen durch den Mangel des Hutes unterschieden. Die Lamellen entspringen strahlig rings um das obere, etwas verbreiterte Ende eines aus einer Volva hervortretenden cylindrischen Stiels (s. Corda, Icon. VI, Tab. XX; Explor. sc. d'Alger. t. 21). Die Entwickelung dieser sonderbaren Form ist noch zu untersuchen.

Litteratur

über Bau und Entwickelung der Hymenomyceten- und gymnocarpen Fruchtkörper.

Schmitz, Ueber die Bildung neuer Theile bei den Hymenomyceten.

—— Ueber die Längen-Ausdehnung bei den Pileaten. Linnaea Bd. XVI (1842).

—— Ueber Entwickelung, Bau und Wachsthum von Thelephora sericea und hirsuta. Linnaea XVII (1843) p. 417.

Bonorden, Allgem. Mykologie, p. 156—196 et passim.

—— Beobachtungen üb. den Bau d. Agaricinen. Bot. Ztg. 1858, p. 201 ff.

H. Hoffmann, Pollinarien und Spermatien von Agaricus. Bot. Ztg. 1856, p. 137 ff. (Speciell hierher Gehöriges p. 144.)

—— Beiträge zur Entwickelungsgesch. und Anatomie der Agaricinen. Bot. Ztg. 1860, p. 389 ff.

---

1) Vgl. Beneke, Studien über Gallenbestandtheile etc. Giessen 1862.

H. Hoffmann, Ueber contractile Gebilde bei Blätterschwämmen (die beweglichen Stäbchen an Amanita muscaria). Bot. Ztg. 1853, p. 857.

—— Icones analyticae fungorum, Liefg. I—III.

de Bary, Zur Kenntniss einiger Agaricinen. Bot. Ztg. 1859, p. 385.

J. de Seynes, Organisation des champignons supérieurs. Ann. sc. nat. 5e Sér. T. I. (Bringt fast nichts Neues und das Alte meistens viel unvollkommener, als seine ihm allerdings oft unbekannten Vorgänger.)

Die citirten Schriften haben hierher gehörende Fragen zu ihrem Hauptgegenstande. Für Einzelheiten sind noch anzuführen:

Fr. Nees ab Esenbeck, Plantarum mycetoidearum in hort. bonn. obs. evolutio. Nov. Act. Natur. Curios. Tom. XVI, pars I (1832). (Entwickelung des Agaricus [Volvaria] volvaceus).

Tulasne, Organisation des Tremellines. Ann. Sc. Nat. 3e Sér. Tom. XIX.

de Bary, Beitr. z. Morphol. d. Pilze I. (Exoascus).

—— Ueber d. Ascomyceten. (Peziza confluens).

Ferner sind zu vergleichen Corda's oben zum Theil citirte Icones und die descriptiven Werke, besonders Persoons Synopsis, Fries, Bulliard, Krombholz; auch die in den folgenden Capiteln zu citirenden Monographien.

Aus diesen Quellen und eigenen Beobachtungen ist der vorstehende Abschnitt zusammengetragen. Ihre geringe Zahl möge seine Lückenhaftigkeit und die vielleicht allzu schematische Fassung theilweise entschuldigen.

3. Fruchtträger der Gastromyceten.

Die reifenden Fruchtkörper der typischen Gastromyceten, welche Fries in die Gruppen Hymenogastrei, Lycoperdinei, Sclerodermei und theilweise auch Diplodermei (Geaster, wohl auch Diploderma, Sclerangium Lév., Mitremyces etc.) vertheilt hat, sind Behälter oder Säcke, ringsumgeben von einer geschlossenen Wand, dem Peridium (auch Uterus genannt), und im Inneren durch meist dünne, gebogene und nach allen Seiten miteinander anastomosirende Gewebeplatten in unzählige, meist mit blossem Auge eben noch deutlich erkennbare, manchmal jedoch auch grössere (bei Polysaccum erbsengrosse) Kammern getheilt, von denen die peripherischen unmittelbar an die Peridie angrenzen. Die gekammerte Gewebemasse ist der fruchtbildende Theil des Pilzes, Gleba genannt. Bei vielen Arten (Fig. 28) ist an der Basis eine mehr oder minder stark entwickelte, sterile, die Gleba gleichsam tragende Gewebeportion vorhanden, die polsterartig (z. B. Hymenogaster) oder in Form einer verlängerten verticalen Mittelsäule (Geaster, mit Ausnahme von G. hygrometricus, nach Vittadini) in die Gleba einspringt, oder, wie bei vielen Lycoperdonarten, zu einem dicken Stiele entwickelt ist. Die

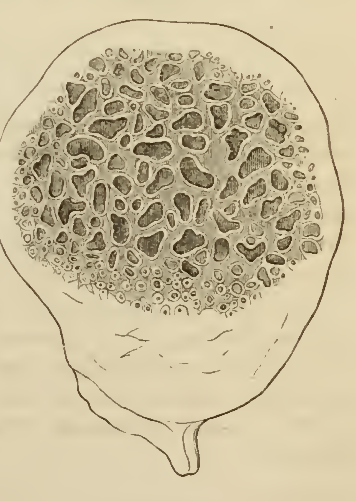


Fig. 28.

Fig. 28. Octaviania asterosperma Vitt., halbirt, 8mal vergr. Nach Tulasne copirt.

Basalportion sitzt bei den über dem Boden reifenden und bei manchen unterirdischen allein dem Mycelium unmittelbar auf. Bei einer Anzahl der letzteren (Rhizopogon, Geaster) laufen dagegen Myceliumstränge in jede beliebige und oft in sehr zahlreiche Stellen der Peridienoberfläche ein. Einzelne Arten (z. B. der Gattung Hysterangium) lassen eine Basalportion nicht unterscheiden. Die Hymenogastreengattung Gautieria verhält sich in sofern exceptionell, als ihr die Peridie fehlt, die peripherischen Kammern der Gleba daher nach aussen offen sind.

Was den feineren Bau betrifft, so unterscheidet man in den Kammerwänden der Gleba eine Mittelschichte oder Trama, und auf beiden Oberflächen dieser eine Hymenialschichte. Beiderlei Theile (Fig. 29) gleichen in allem Wesentlichen den gleichnamigen im Fruchtlager der Hymenomyceten. Die Trama besteht in den genauer untersuchten Fällen (Hymenogastrei, Lycoperdon, Bovista, Scleroderma, Geaster) aus einem Geflechte von reich verzweigten Hyphen, welche vorzugsweise der Oberfläche der Wände parallel verlaufen und sowohl von einer Kammerwand in die benachbarten, als auch in das Gewebe der Peridie continuirlich übergehen. Zahlreiche dicht gedrängte Zweige der Tramafäden gehen gegen den Innenraum der Kammern, um hier das Hymenialgewebe zu bilden. In einer Reihe von Fällen sind sie verhältnissmässig kurz, gleichhoch, pallisadenartig nebeneinander und senkrecht auf die Tramafläche gestellt, sie bilden eine scharf abgegrenzte, den leeren Innenraum der Kammern austapezirende Hymenialschichte, welche der der Hymenomyceten ganz ähnlich ist (Hymenogastrei plurimi [Fig. 29], Geaster spec., Lycoperdon). In einer anderen Reihe von Fällen (Melanogaster, Scleroderma, Polysaccum, Geaster hygrometricus) sind die Hymenialhyphen verlängert, reich verästelt und alle in eine Kammer eintretenden zu einem diese ausfüllenden Geflechte verschlungen.



Fig. 29.

Bei den Hymenogastreen behält die Gleba die beschriebene Structur von ihrer ersten Anlage an bis zur völligen Reife. Ihr Gewebe ist dabei entweder fleischig, aus zartwandigen, saftreichen Zellen gebildet, seine Lücken Luft oder Flüssigkeit führend [z. B. Hymenogaster Klotzschii Tul., Octaviania carnea Corda[1]]; oder es besteht (Hysterangium, Melanogaster) aus zäh-gelatinösem Gallertfilz.

Fig. 29. Octaviania asterosperma Vitt. Dünner Schnitt einer Kammerwand. *t* Trama. *h* Hymenium, mit 5 sporenbildenden Basidien. Vergr. 180. Nach Tulasne copirt.

---

1) Die beiden genannten Species führe ich deswegen vorzugsweise als Beispiele an, weil sie Vielen leichter zugänglich sein werden, als andere Hymenogastreen. Beide kommen nämlich, wie es scheint häufig, auf Haideerde in den Blumentöpfen der Gewächshäuser vor. Ich fand beide vom Januar bis März, und zwar als oberirdische Pilze vegetirend, nur die ersten Jugendstadien unter der Bodenoberfläche zubringend.

Die Gleba von Scleroderma hat, nach Tulasne, vor der Sporenbildung gleichfalls die beschriebene Structur. Mit dem Beginn der Sporenreife wird das ganze die Kammern erfüllende Hymenialgewebe aufgelöst, der Pilz trocknet aus, die Trama bleibt als ein vertrocknetes, brüchiges Netzwerk stehen, dessen Maschen von der staubigen Sporenmasse ausgefüllt werden. Aehnlich verhält sich Polysaccum; nur lässt sich vor dem Austrocknen die ganze hymeniale Gewebemasse aus jeder Kammer herausnehmen als ein glatt umschriebener Körper, der von einer zarten, besonderen Wand (peridiolum), wohl einer abtrennbaren Schicht der Trama, umschlossen wird.

Auch bei Lycoperdon, Bovista, Geaster und Verwandten ist der junge Fruchtkörper saftig, der reife ausgetrocknet. Während der Jugend unterscheidet man in der Trama zweierlei Hyphen: dünne, zartwandige und protoplasmareiche, septirte, von denen die Hymenialbestandtheile als Zweige entspringen; und dickere, schon in der Jugend derbwandigere (meist querwandlose) Röhren. Letztere sind Glieder oder Aeste der nämlichen Hyphen wie die zarten Elemente. Sie laufen grösstentheils in der Fläche der Trama, senden jedoch auch, bei Bovista, Lycoperdon, oft Zweige quer durch die Kammern, von einer Wand in die gegenüberstehende. Mit Beginn der Sporenreife zerfallen die Hymeniumelemente und die zarten Hyphen, sie lösen sich auf und lassen nur unscheinbare, vertrocknende Ueberbleibsel zurück. Die dicken Röhren bleiben dagegen, sie werden grösser, ihre Wände stark verdickt und meist lebhaft (gelb bis braun) gefärbt. Sie bilden mit einander eine wollige, das Sporenpulver allenthalben durchsetzende Masse, Haargeflecht, Capillitium genannt. Eine genauere histiologische Bearbeitung der Entwickelung des Capillitiums wäre sehr wünschenswerth.

Das fertige Capillitium besteht in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle aus einer Unzahl einzelner Röhren oder Hyphenstücke, welche nur locker mit einander verflochten, nicht aber verwachsen, und daher leicht und ohne Zereissung isolirbar sind. Gestalt, Grösse, Structur dieser Capillitiumfasern sind nach Gattungen und Arten verschieden, sie können zur Unterscheidung letzterer vortrefflich benutzt werden, und es ist schwer zu begreifen, wie ein Mann, der sehr viele Pilze untersucht hat, das Gegentheil hiervon behaupten mag. Meistens sind die Fasern unseptirt, einzellig: Einfache, oder nur ausnahmsweise verzweigte, kurz spindelförmige Röhren bei Geaster coliformis (Fig. 30, *a*); langgestreckt spindelförmig, meist unverzweigt, mit überaus fein ausgezogenen Enden und bis zum Schwinden des Lumens verdickter Membran bei G. fornicatus, fimbriatus, mammosus u. a. Bei den meisten Lycoperdonarten sind die gleichfalls unseptirten Fasern langgestreckt, gekrümmt, manchmal torulös, einfach oder in einzelne, sehr lange Aeste getheilt; die Enden theils fein ausgezogen, theils durch eine breite Querwand geschlossen, welch letztere die Ansatzstelle der Faser an den früher vorhandenen zarten Tramafaden bezeichnet. Die gleichfalls einzelligen Fasern von Bovista (Fig. 30, *b*) haben das Ansehen eines vielstrahligen Sternes. Sie zeigen einen kurzen, dicken Hauptstamm, welcher oft deutlich die frühere Ansatzstelle erkennen lässt und nach mehreren Seiten kurze Aeste aussendet. Letztere sind durchschnittlich viermal dichotom getheilt, die Länge der Dichotomien nimmt mit ihrem Grade zu, die Dicke ab, die des letzten Grades sind haarförmig verlängert und

fein ausgezogen. Mycenastrum (Fig. 30, *c*) hat kurze, dicke, einzellige Fasern mit einfach spindelförmigem oder in einige Zweige getheiltem Haupstamme,

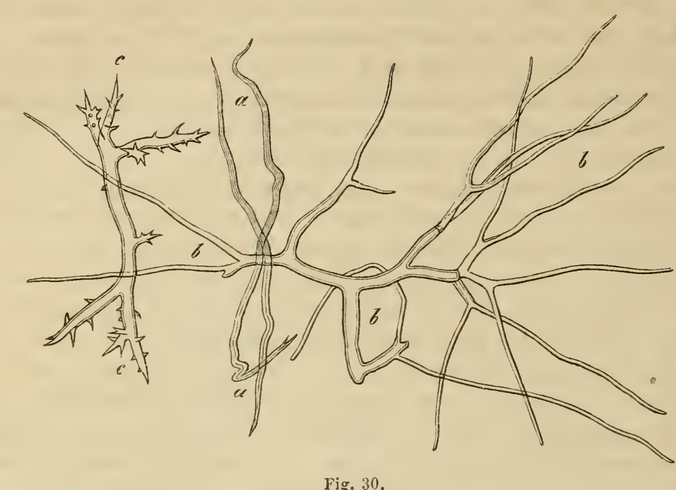


Fig. 30.

welcher, zumal an den Enden, mit kurzen, spitzen Aestchen wie mit Stacheln besetzt ist. Die Capillitiumfasern von Lycoperdon Bovista, giganteum sind meist mit Querwänden versehen, also mehrzellig, im übrigen gleichen sie denen der anderen, oben erwähnten Arten der Gattung.

Geaster hygrometricus ist unter den hier in Rede stehenden, mir bekannten Formen die einzige, deren reifes Capillitium ein zusammenhängendes Netz bildet. Die reich verzweigten, oft torulösen, ungemein dickwandigen Fasern sind wirr durcheinander gekrümmt und mit ihren oft kopfig angeschwollenen Enden fest aneinander gewachsen. —

Die sterile Basalportion des Fruchtkörpers ist ein dichtes Geflecht von Hyphen, welche denen der Trama ähnlich sind, und von welchem die Platten der letzteren ausstrahlen (Hymenogastrei); oder sie ist in derselben Weise wie die Gleba gekammert, die Kammern jedoch steril oder nur mit unbedeutenden Spuren von Fructificationsorganen (z. B. Lycoperdon). Auch in letzterem Falle verschwindet sie mit der Reife des Pilzes nicht. Der Bau der Mittelsäule von Geaster ist noch genauer zu untersuchen.

Die Peridie ist in den einfachsten Fällen (Hymenogastreen) eine gleichförmige Gewebeschicht von verschiedener Mächtigkeit, aus fest verflochtenen, vorzugsweise in der Richtung der Oberfläche verlaufenden Hyphen gebildet. Ihre Structur ist bei Octaviania carnea ganz gleich der der Trama und sie ist auf ihrer Innenfläche wie letztere vom Hymenium überzogen. Bei Hymenogaster Klotzschii ist sie ebenso beschaffen, aussen jedoch noch von einem dichten und dicken Filz abstehender, gekrümmter Haare bedeckt. Ganz ähnliche Verhält-

Fig. 30. Capillitiumfasern, *a* von Geaster coliformis P. 190fach vergr.
b von Bovista plumbea P. 90fach vergr.
c von Mycenastrum Corium Desv. 90fach vergr.

nisse wiederholen sich wohl bei allen Hymenogastreen; die Verschiedenheiten beruhen theils in der Dicke der Peridie, theils darin, ob sie die gleiche oder verschiedene Consistenz und Structur hat wie die Trama; in letzterem Falle ist sie von der Gleba ablösbar. Die derb lederartigen Peridien von Scleroderma schliessen sich genau an die der Hymenogastreen an, und im Grunde auch die von Polysaccum. Bei letzterer Gattung sind die inneren Kammern der Gleba fruchtbar, einige concentrische Lagen peripherischer, kleinerer entbehren des Hymeniums und stellen mit einander die Peridie dar.

Bei den Lycoperdineen, bei Mycenastrum, Geaster, Sclerangium u. s. f. ist die Peridie in zwei concentrische, von einander trennbare Lagen gegliedert — Peridium interius und exterius. Die innere ist eine meist dünne Haut, spinnwebeartig zart bei Mitremyces, meist von papierartiger Consistenz, bei Mycenastrum aber über 2 Millim. dick, korkartig. Bei Bovista, Geaster, Lycoperdon[1]) ist sie eine papierartige Haut, bestehend aus mehreren Lagen derber, in der Richtung der Oberfläche verlaufender Fäden, welche fest miteinander verflochten sind und im Allgemeinen Structur und Ansehen von Capillitiumfasern haben. Bei Geaster hygrometricus sind jene den letzteren völlig gleich und setzen sich continuirlich in sie fort, das Capillitiumnetz ist also der Peridie allenthalben angewachsen. Bei den untersuchten Lycoperden, Geaster fimbriatus, fornicatus sind jene Fäden von den Capillitiumfasern durch geringere Dicke und hellere Farbe verschieden, senden aber ins Innere der Peridie unzählige Zweige, welche, soweit sie frei sind, alle Eigenschaften der Capillitiumfasern haben. Die innere Peridie von Bovista plumbea hat einen ähnlichen Bau und auf ihrer Innenfläche gleichfalls einen dichten wolligen Ueberzug, welcher aus Fasern besteht, die von denen des Peridiengeflechtes entspringen. Dieselben haben aber mit den Capillitiumfasern weder Aehnlichkeit noch Zusammenhang; sie sind lang ausgezogene, feine, unverzweigte Fäden.

Die innere Peridie von Mycenastrum Corium ist ein dichtes, wirres, lufthaltiges Geflecht braunhäutiger Fäden, in der äusseren Region feinfaseriger und dichter als in der inneren. Auf der Innenfläche endigen die Fäden mit spitzen, den Capillitiumfasern ähnlichen, doch stets dünneren Aesten.

Die innere Peridie von Mycenastrum ist von einer weisslichen, weichen, dünnen Haut, der äusseren Peridie, überzogen, welche aus einem lockeren Geflecht farbloser, dünnwandiger, cylindrischer Hyphen besteht, und sich nach der Reife in Lappen abblättert, um schliesslich die innere rein zurückzulassen.

Entwickelter ist das Peridium externum bei Lycoperdon (L. Bovista und giganteum lasse ich auch hier bei Seite) und Bovista. Es besteht hier aus grosszelligem, meist pseudoparenchymatischem Gewebe, welches in manchen Fällen (Bovista plumbea) mehrere Lagen unterscheiden lässt und nach Aussen in Form von Warzen, Stacheln u. s. w. vorspringt. In der Jugend liegt es der inneren Peridie fest an, die Elemente beider gehen in einander über. Mit der

---

1) L. pyriforme, pusillum, constellatum und Verwandte; ich nenne keine Species, weil mir eine sichere Bestimmung derselben nicht möglich ist. Lyc. Bovista Fr. und giganteum haben einen anderen Bau als die Arten, von denen oben die Rede ist; ich finde denselben nirgends genau beschrieben, und da mir an alten, reifen Exemplaren, welche ich allein untersuchen konnte, manches zweifelhaft bleibt, begnüge ich mich hier damit, den Gegenstand fernerer Beobachtung zu empfehlen.

Reife erleidet die innere Lage der äusseren Peridie eine Desorganisation, sie verwandelt sich in eine schmierige oder flüssige Masse, die bald vertrocknet oder resorbirt wird; daher schält sich die äussere Peridie häufig von der inneren ganz los und zerfällt (Vittadini). Bei manchen, vielleicht den meisten Arten (z. B. Bovista plumbea, Lycoperdon perlatum nach Tulasne und Vittadini) betrifft die Desorganisation das ganze äussere Peridium, es verwandelt sich in eine schmierige Masse, welche beim Austrocknen zu einer spröden, fast structurlosen Haut wird.

Complicirter ist der Bau der Peridien von Geaster. G. hygrometricus (Fig. 31) stellt bekanntlich bis zur völligen Reife einen unter der Bodenoberfläche sitzenden, rundlichen, bis nussgrossen Körper dar. Kurz vor der Reife unterscheidet man auf dem senkrechten Längsschnitte an der Peridie sechs Schichten. Zu äusserst einen flockig-faserigen, bräunlichen Ueberzug, der sich einerseits in die den Boden durchwuchernden Myceliumstränge fortsetzt, andrerseits in die zweite Schicht übergeht: eine dicke, derbe, den ganzen Körper umziehende, braune Haut. Auf diese folgt nach innen eine weisse Schichte, welche an der Basis des Körpers besonders mächtig entwickelt ist und sich hier in die innere Peridie und Gleba unmittelbar fortsetzt. Die beiden letztgenannten Schichten bestehen aus fest verflochtenen, derben, zumeist in der Richtung der Oberfläche verlaufenden Hyphen; sie mögen unter dem Namen Faserschichte zusammengefasst werden. Die weisse Lage derselben ist, mit Ausnahme ihrer in die Gleba übergehenden Basalportion, innen bedeckt von der Collenchymschicht, einer knorpelig-gallertartigen Schichte, bestehend aus gleichhohen, lückenlos miteinander verbundenen Hyphen, welche pallisadenartig senkrecht zur Oberfläche stehen und bogig von den Fäden der Faserschicht entspringen. Die stark verdickten, geschichteten Zellwände der Collenchymschicht sind in hohem Grade quellbar. Innen von dem Collenchym folgt eine weisse Schichte, deren innerste Region die innere Peridie darstellt, während die äussere, die man Spaltschichte nennen kann, aus weichen, locker verwebten, in die innere Peridie vielfach übergehenden Hyphen besteht. Ist der Pilz ganz reif, so reisst, bei Einwirkung von Feuchtigkeit, in Folge der Quellung des Collenchymschichte, die äussere Peridie vom Scheitel aus sternförmig in mehrere Lappen auf, welche sich zurückschlagen, so dass ihre obere Fläche convex wird. Die Spaltschichte wird hierbei derart zerrissen, dass ihre Elemente als vergängliche Flocken theils an dem Collenchym, theils an der inneren Peridie hängen bleiben. Es ist bekannt, dass die Collenchymschicht ihre Hygroscopicität lange behält und die äussere Peridie lange auf dem

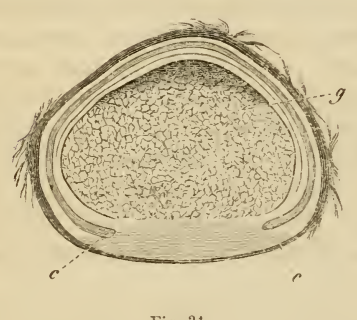


Fig. 31.

Fig. 31. Geaster hygrometricus, erwachsenes, fast reifes Exemplar, senkrechter, axiler Längsschnitt, kaum vergrössert. *c* Collenchymschicht, *g* Gleba, deren Scheitel von reifenden Sporen dunkle Farbe anzunehmen beginnt.

Boden liegen bleibt, als ein Stern, der seine Strahlen bei feuchtem Wetter ausbreitet, bei trockenem einwärts krümmt. Bei G. fimbriatus, fornicatus ist die flockige Umhüllung der äusseren Peridie oft stärker entwickelt, als bei G. hygrometricus, bei G. fornicatus aus höchst feinen Fäden zusammengewebt, und beim Aufreissen der Peridie löst sie sich von der Faserschicht los, einen offenen leeren Sack unter jener darstellend. Die Faserschicht ist bei genannten und anderen Arten relativ dünner, als bei G. hygrometricus und nicht in zwei Lagen gesondert. Die Collenchymschicht besteht aus grosszelligem, durchsichtigem Pseudoparenchym, das gleichfalls in Wasser stark aufquillt und durch seine Ausdehnung jedenfalls das Oeffnen der Peridie verursacht. Bei G. fornicatus, fimbriatus, coliformis u. a. ist es zartzellig und wird bald nach dem Aufspringen rissig und zur Krümmung der Peridienstrahlen untauglich. Bei G. mammosus und, nach Tulasne, rufescens besitzt es dagegen die gleichen dauernden hygroskopischen Eigenschaften wie bei G. hygrometricus.

Von der äusseren Peridie von Mitremyces ist bemerkenswerth, dass sie, sammt den wurzelähnlichen Strängen, welchen sie aufsitzt, durchweg aus einem tremellaartigen, zähen Gallertgewebe besteht. —

Aus den Beschreibungen ist bekannt, dass die (inneren) Peridien der meisten Genera sich zuletzt in bestimmter Form öffnen, um das Sporenpulver zu entlassen. Ueber die anatomischen Verhältnisse, welche diesem Vorgang zu Grunde liegen, ist nichts bekannt. —

Die ersten Entwickelungszustände der besprochenen Gastromyceten sind bis jetzt kaum untersucht. Hymenogaster Klotzschii ist in den jüngsten von Hoffmann und mir beobachteten Stadien ein kugeliges Körperchen, das dem Substrat (Erd- und Wurzelstücken) und Mycelium mit einer Seite ansitzt und aus fest verflochtenen Hyphen mit engen, zum Theil Luft führenden Interstitien besteht. Bei ganz kleinen, 1 Mm. messenden Exemplaren ist auf dem radialen, senkrechten Längsschnitte eine von der Ansatzstelle ausgehende strahlige Faserung unterscheidbar, ältere zeigen ein ganz ordnungsloses Geflecht. Die Oberfläche wird schon zu Anfang von demselben dichten Filze wie die reife Peridie (s. oben S. 78) bedeckt. Noch ältere Individuen zeigen im Innern die Kammern der Gleba als enge, luftführende, vielfach gewundene Lücken; der an an diese grenzende Theil der Kammerwände ist luftfrei und zeigt die Structur der Hymenialschichte. Die Lücken selbst werden anfangs von einem lockeren Fadengeflechte erfüllt, das von einer Wand zur entgegenstehenden läuft und allmählich verschwindet.

Nach diesen Daten ist das Eine wenigstens unzweifelhaft, dass die Anlegung der Theile durch Spaltung und Differenzirung der ursprünglich gleichförmigen Gewebemasse geschieht. Soweit ich unterscheiden konnte, beginnt sie in der Peripherie und schreitet nach der Basis fort: an letzterer bleibt ein Stück des ursprünglichen Gewebes (Basalportion) unzerklüftet. Mit der Weiterentwickelung glätten sich die Falten der Kammerwände mehr und mehr aus, die Kammern werden erweitert. Ausdehnung der Tramazellen hat hieran jedenfalls bedeutenden Antheil.

Erbsengrosse Exemplare von Geaster hygrometricus bestehen aus einem gleichförmigen, weichen, lufthaltigen Geflechte zarter septirter Hyphen, das im Innern weisslich, im Umfang braun ist, und mitten in einem, den Boden oft auf

1 Zoll im Umkreis durchsetzenden Myceliumfilze sitzt. Aeltere, bei kräftiger Entwickelung des Pilzes etwa haselnussgrosse Exemplare lassen in ihrem Umfange die Faserschichte der Peridie unterscheiden, im Innern weichen die Hyphen zur Bildung der Glebakammern auseinander, in welche die Hymenialfäden hineinsprossen; die Collenchymschicht ist noch nicht vorhanden, ihre Entstehung habe ich nicht beobachtet. Auch diese Thatsachen zeigen eine Spaltung und Differenzirung eines ursprünglich gleichförmigen Hyphengeflechtes an. Für die übrigen Genera darf wohl das Nämliche angenommen werden.

Die Reife der Gleba beginnt bei Geaster hygrometricus (Fig. 31) im Scheitel und schreitet von da nach der Basis fort; nach Vittadini verhält sich Polysaccum ebenso. Nach Bonorden und Tulasne's Andeutungen beginnt sie bei Lycoperdon, Scleroderma, Polysaccum in der Mittellinie und schreitet centrifugal weiter. Eine genaue Verfolgung der angedeuteten Verhältnisse dürfte keine undankbare Aufgabe sein.

Eine von den bisher besprochenen typischen Gastromyceten verschiedene, complicirtere Bildung und Entwickelung zeigt zunächst die Gattung Batarrea (Fig. 32). Ihre Jugendzustände sind unbekannt. Ein halbreifes Exemplar von B. Steveni, welches ich untersuchte[1], hat die Gestalt eines polsterförmigen Körpers (a) mit regelmässig convexer oberer Fläche und einem Durchmesser von gegen 7 Cm. Der senkrechte Durchschnitt zeigt einen Bau, der sich im Groben dem eines fast reifen Geaster vergleichen lässt. Eine innere Peridie von der Form eines planconvexen, durchschnittlich 1 Cm. dicken, stumpfrandigen Agaricushutes umschliesst die fast reife Gleba; diese zeigt einen sclerodermaähnlichen Bau, nur dass die stärkeren Kammerwände vielfach senkrecht von der oberen zur unteren Fläche verlaufen; zwischen dem Sporenpulver befinden sich vereinzelte, oben (Seite 6) beschriebene Capillitiumfasern von unbekannter Entstehung. Die äussere, der inneren überall eng anliegende Peridie stellt über der Oberseite letzterer eine derbe, etwa 1 Mm. dicke Haut dar, ihre untere Portion ist ein massiger, mitten über 2 Cm. dicker, polsterförmiger Körper. Spätere Entwickelungszustände zeigen, dass sich zuletzt ein axiles, unter dem Centrum der inneren Peridie liegendes Stück des basalen Polsters zu einem bis fusslangen und 1 — 1½ Cm. dicken, aufrechten Stiele mit rissig-grobschuppiger Oberfläche entwickelt, welcher die innere Peridie emporhebt. Die Scheitel-

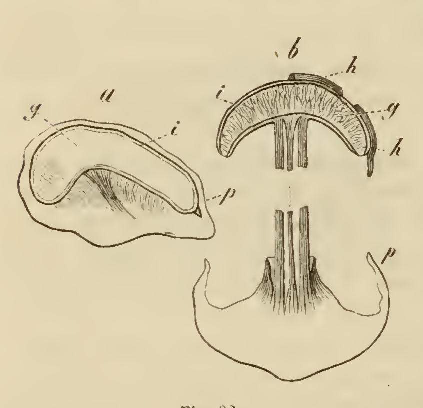


Fig. 32.

Fig. 32. Batarrea Steveni Fr. Senkrechte, axile Längsschnitte, $^1/_3$ natürliche Grösse, halbschematisch. *a* jüngeres, doch schon grösstentheils reife Sporen führendes, *b* reifes Exemplar (im letzteren vom Stiel nur Scheitel und Basis gezeichnet). *p* und *h* äussere, *i* innere Peridie, *g* Gleba; die Strichelung in dieser bezeichnet die Stellung der stärkeren Tramareste.

1) Ich verdanke dasselbe der freundlichen Mittheilung der Herren Walz und Prof. Rogowitsch in Kiew.

region der äusseren wird hierbei von der Basis abgerissen, sie bleibt in Fetzen auf der Oberseite und am Rande der inneren hängen, die Basalportion umgibt das untere Stielende, der Volva von Amanita ähnlich. Schliesslich trennt sich die Wand der inneren Peridie ringförmig unterhalb des Randes, das obere Stück fällt von dem mit dem Stiele verbunden bleibenden unteren und der Gleba ab, die Sporen verstäuben. Das Gewebe von Bat. Steveni besteht durchweg aus derben Hyphen mit meist luftführenden Interstitien: in der Wand des hohlen Stiels verlaufen die Fäden senkrecht und parallel untereinander, wie es bei den meisten Hymenomyceten Regel ist. Gallertfilz ist bei der in Rede stehenden Art nirgends vorhanden. Von dem Stiele ist an dem noch mit geschlossener äusserer Peridie versehenen Exemplare nur in sofern eine Andeutung vorhanden, als das Gewebe der Basalportion an der späteren Ursprungsstelle des Stiels etwas dichter und dunkler gefärbt ist, als im Uebrigen.

Nach Vittadini gleicht die Entwickelung von Tulostoma (Fig. 33) der von Batarrea in sofern, als die innere Peridie anfangs von einer äusseren umschlossen, zuletzt durch die Streckung eines an ihrem Grunde sich entwickelnden Stiels aus letzterer und über den Boden, in welchem der ganze Pilz sich ausbildet, emporgehoben wird. Die äussere Peridie zerfällt alsdann sehr bald, man findet meistens nur die gestielte innere mit unscheinbaren Resten von jener: ich habe immer nur diesen letzteren Zustand gesehen. Tulostoma gleicht in demselben einer gestielten Bovista; der Stiel besteht aus geraden, parallel untereinander und senkrecht gestellten, fest vereinigten Hyphen; von der Structur der übrigen Theile sei hier nur erwähnt, dass die Peridie ein wiederum sehr characteristisch gebautes, dem von Geaster hygrometricus am meisten gleichendes Capillitiumnetz umschliesst. Die Ausbildung der Gleba schreitet von dem Scheitel zur Basis der Peridie fort und ist vor der Streckung des Stieles vollendet.

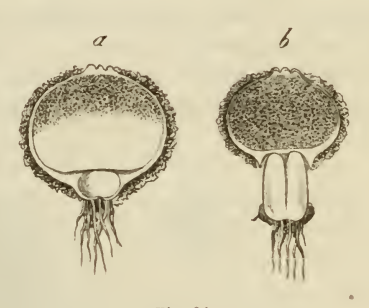


Fig. 33.

Die Gruppe der Podaxineen ist von den bisher beschriebenen Pilzen dadurch ausgezeichnet, dass ihre Peridien gestielt sind und das Ende des Stiels sich ins Innere der Peridie, meist bis zu ihrem Scheitel fortsetzt, als Mittelsäule, Columella. Von dieser strahlen die Kammerwände der Gleba aus. Ueber die Entwickelung dieser Pilze kennen wir nur einige auf Secotium bezügliche Daten durch Tulasne, nach denen besagte Gattung als eine gestielte und mit Mittelsäule versehene Hymenogastree kurz bezeichnet werden kann. Die übrigen Gattungen schliessen sich, den vorhandenen Beschreibungen nach, theils an die mit Capillitium und vergänglicher Trama versehenen, theils an diejenigen der oben beschriebenen Gastromyceten an, bei denen die Tramawände vertrocknend persistiren und das Capillitium fehlt. Die meist höchst eigenthümliche gröbere

Fig. 33. Tulostoma mammosum Fr. Natürl. Grösse, axiler Längsschnitt, nach Vittadini copirt. *a* vor Streckung der Stielanlage, Gleba im Scheitel die dunklere Färbung der Reife annehmend. *b* nach Beginn der Stielstreckung.

Organisation der hierher gehörenden Formen ist aus den unten zu citirenden Beschreibungen und Abbildungen, auch aus den schönen Copien letzterer in Payer's Botanique cryptogamique zu ersehen. Die feinere Structur zeigt bei den mir bekannten wenig Bemerkenswerthes. Nur das Capillitium scheint auch hier wiederum bei manchen Gattungen ganz besondere Eigenthümlichkeiten zu besitzen. Bei Podaxon spec. [1]) fand ich dasselbe aus sehr derben, braunhäutigen Röhren zusammengesetzt, welche gewunden, reich verzweigt sind und einerseits von den Hyphen der Columella entspringen, im Uebrigen aber zu einer ununterbrochenen, netzförmigen Röhre verschmolzen sind. Nirgends fand ich eine Querwand und nirgends ein freies, blindes Astende.

Besser als über die Podaxineen sind wir über Structur und Entwickelung der Phalloideengruppe orientirt. Ohne hier auf alle einzelnen Genera eingehen zu können, will ich die beiden Extreme der reichen und wunderbaren Formenreihe, Phallus (impudicus und caninus) und Clathrus kurz besprechen. Aus den vorhandenen Beschreibungen und Abbildungen (zumal Corda, Icon. V, VI) lässt sich mit Sicherheit entnehmen, dass die übrigen Genera, bei aller Mannigfaltigkeit ihrer Gestaltung, im Wesentlichen übereinstimmenden Entwickelungsgang und Organisation zeigen.

Die Fruchtträger von Phallus (Fig. 34) entstehen als ovale, etwa 1 Mm. grosse Anschwellungen an den Myceliumsträngen und bestehen zuerst aus einem gleichförmigen, dichten, lufthaltigen Geflecht sehr zarter (primitiver) Hyphen. In grösser gewordenen Exemplaren differenzirt sich dieses zunächst in eine kuppelförmige, vom Insertionspunkte aus sich senkrecht erhebende Mittelsäule, eine die letztere umhüllende, glockenförmige Schichte von Gallertfilz — Gallertschichte — und eine die letztgenannte umgebende, an der Insertionsstelle in die Mittelsäule übergehende weisse Haut, die äussere Peridienwand. Die beiden letztgenannten Theile bestehen aus dem primitiven Gewebe. Mit der weiteren Vergrösserung, bei welcher der ganze Körper schmalere Eiform erhält und Aussenwand sowohl wie Gallertschicht unter gleichbleibender Structur an

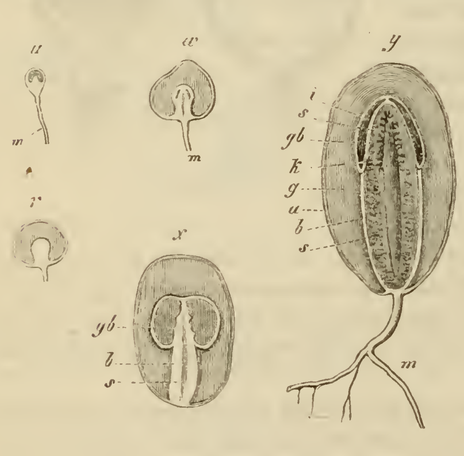


Fig. 34.

Fig. 34. Phallus caninus, junge Fruchtträger zum Theil dem Mycelium (*m*) aufsitzend, axile, senkrechte Längsschnitte, natürl. Gr. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben *u*—*y*; *y* noch nicht völlig erwachsenes, doch sporenreifes Exemplar. *a* Aussenwand, *i* Innenwand, *g* Gallertschicht der Peridie. *b* Basalstück, *k* Kegel, *s* Stiel, *gb* Gleba.

1) Als Podaxon carcinomatis bezeichnet, am Cap von Drège gesammelt, im Kunze'schen Herbar. Die Bestimmung ist mir zweifelhaft, weil sich zwei sehr verschiedene Formen mit derselben Bezeichnung in genannter Sammlung befinden.

Umfang und Dicke zunehmen, nimmt die Mittelsäule die Gestalt eines runden, von cylindrischem Stiel getragenen Kopfes an. Ihr zunächst gleichförmiges primitives Gewebe differenzirt sich dabei in die Gleba, das den Phalloideen eigenthümliche, im vorliegenden Falle einen einfachen spindelförmigen Stiel darstellende Receptaculum dieser, und eine die genannten Theile umziehende weisse Haut. Diese bildet die innerste Schichte der Peridie, welche letztere somit aus drei concentrischen Lagen besteht: der weissen Aussen- und Innenhaut, welche am Grunde ineinander übergehen, und der zwischen beiden liegenden, weit mächtigeren Gallertschicht. Die Gleba liegt in dem kopfförmigen oberen Theile der Mittelsäule, in Form eines dicken, auf dem senkrechten Durchschnitt halbkreisförmigen, horizontal stehenden Ringes, welcher aussen von der inneren Peridienhaut umzogen wird und mit seiner Innenfläche einem kegelförmigen, axilen Stücke der Mittelsäule anliegt. Dieses Stück, welches kurz als Kegel bezeichnet sein mag, geht durch die ganze Gleba hindurch bis zum Scheitel der Mittelsäule. Die Structur der Gleba gleicht der der anderen Gastromyceten. Ihre Kammern sind sehr zahlreich und eng, die Trama besteht, bei einigermassen vorgeschrittener Entwickelung, aus weichem Gallertgewebe, ihre Platten entspringen einerseits von der inneren Peridienwand, andererseits von dem Kegel. Die der Gleba angrenzende äusserste Zone des letzteren spaltet sich bei Ph. impudicus früh als besondere Schichte von dem inneren Gewebe ab, um zuletzt den freien, kegelförmigen »Hut«, welcher die Gleba trägt, darzustellen. Bei Ph. caninus unterbleibt diese Spaltung. Der Stiel ist ein die Längsachse der ganzen Mittelsäule von der inneren Peridienwand bis gegen die Basis hin durchziehender, erst sehr schmal, später breiter spindelförmiger Körper. Seine erste Anlage erscheint als ein durchscheinender Streifen und ist von dem weissen, lufthaltigen primitiven Gewebe nur durch den Mangel der Luft in seinen Interstitien unterschieden. Mit dem weiteren Wachsthum differenzirt sich das gleichförmige Hyphengeflecht in einen axilen Gewebestrang und eine peripherische Schicht, die Stielwand. Letztere besteht aus Platten eines rundzelligen Pseudoparenchyms (Merenchyms), welche, ähnlich wie die der Gleba, zur Bildung einer (Ph. caninus) oder mehrerer (Ph. impudicus) Schichten ringsum geschlossener Kammern mit einander verbunden sind. Diese sind geräumig, aber von oben nach unten so sehr zusammengedrückt, dass die Weite ihres Innenraums der Dicke ihrer Wände kaum gleichkommt; die Wände selbst sind vielfach gewunden und gefaltet. Die Kammern sind ausgefüllt von weichem Gallertfilz, und das gleiche Gewebe bildet auch den axilen Strang des Stieles. In dem obersten Ende ist die Stielwand nur mit grubig faltiger Oberfläche versehen, nicht gekammert. Einmal angelegt vergrössert sich der Stiel gewaltig, das Merenchym seiner Wand von dem Zeitpunkte an, wo es deutlich unterschieden wird, nur durch Ausdehnung seiner Zellen, die übrigen Theile wohl auch durch Bildung neuer Formelemente. Mit der gewaltigen Vergrösserung des Stiels hält das Wachsthum der beiden äusseren Schichten und der Innenwand der Peridie, soweit sie die Gleba umgibt, gleichen Schritt. Das Gewebe des Kegels und des unterhalb der Gleba befindlichen Theiles der Mittelsäule nimmt dagegen in dem Maasse an Mächtigkeit ab, als der Stiel sich ausdehnt. Bei Ph. caninus stellt es zuletzt nur noch eine dünne, weisse Haut dar; bei Ph. impudicus bleibt es unterhalb der Gleba mächtiger,

ein napfförmiges, das untere Stielende stützendes Basalstück darstellend, in dem Kegel wird es gleichfalls zu einer dünnen, weissen Haut ausgedehnt. Die Gleba, in welcher mit der Dehnung des Stiels die Sporenbildung ihr Ende erreicht hat oder demselben nahe ist, wird bei Ph. caninus zu einer dünnen, den oberen Theil des Stiels dicht unter der äussersten Spitze überziehenden, kegelförmigen Schichte ausgedehnt; bei Ph. impudicus vermindert sich ihre Dicke im Verhältniss zu der Ausdehnung ihrer Oberfläche weniger, die Fäden der Trama zeigen selbst ein actives Wachsthum durch Ausdehnung ihrer Zellen. In der Structur der den Stiel umgebenden Theile tritt während dieser Vergrösserung ausser einer deutlichen Grössezunahme der Hyphen keine hier erwähnenswerthe Veränderung ein. Die Merenchymzellen des Stiels bleiben stets zartwandig und von wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Zuletzt steht alles Wachsthum durch Ausdehnung vorhandener oder Bildung neuer Zellen in allen Theilen still, und nun erfolgt eine plötzliche Längenstreckung des Stiels: dieser drängt die auf seiner Spitze befestigte Gleba gegen den Scheitel der Peridie, durchbricht diesen und hebt die Gleba weit über denselben empor. Die Längenstreckung erfolgt lediglich dadurch, dass die gefalteten Merenchymplatten seiner Wand aufgerichtet und geglättet werden, bis die Höhe der Kammern ihrer Breite wenigstens gleich ist. Und zwar geschieht die Aufrichtung der Kammern indem sie durch Ausscheidung von Luft in ihrem Innern gleichsam aufgeblasen werden. Der Gallertfilz, welcher sie anfangs erfüllt, zerreisst und verschwindet, und auch der axile Gallertstrang wird zerrissen und durch Luft ersetzt. Bei Ph. impudicus findet dieser Process an allen Punkten gleichzeitig statt, bei Ph. caninus beginnt er oben und schreitet langsam gegen das untere Ende fort. Mit der Streckung des Stiels reisst die innere Peridie von Ph. caninus unter der Gleba ringförmig durch, ihr oberes Stück sammt dem Reste des Kegels wird mit dieser emporgehoben, das untere bleibt rings um die Stielbasis stehen. Bei Ph. impudicus reisst auch die innere Peridienwand an ihrem Scheitel, die Gleba spaltet sich von ihr ab und tritt aus ihr hervor. Ein ringförmiger Querriss im unteren Theile des Kegels trennt das um die Stielbasis stehen bleibende, napfförmige Basalstück von der oberen Portion; diese wird in Fetzen zerrissen, der Hut, welcher die Gleba trägt, hierdurch von dem Stiele getrennt, mit Ausnahme seines oberen, der Stielspitze fest angewachsenen Randes.

Es ist aus den Beschreibungen genugsam bekannt, dass die ins Freie getretene Gleba in Folge eines Zerfliessens ihres Gallertgewebes als eine die Sporen enthaltende schmierige Masse von ihrem Träger abtropft. Bei Ph. caninus nehmen der Kegel und der die Gleba überziehende Theil der inneren Peridienwand an diesem Desorganisationsprocess Theil, sie werden schon vor dem Zerfliessen jener unkenntlich. In Betreff weiterer Einzelheiten und Artunterschiede verweise ich auf die unten anzuführenden ausführlicheren Arbeiten und die Beschreibungen in den systematischen Werken.

C l a t h r u s stimmt, wie seit Micheli bekannt ist, mit Phallus überein in Beziehung auf die Beschaffenheit der Gleba und der Peridie. Das Receptaculum aber, welches jene aus letzterer hervorhebt, hat die Form eines grobmaschigen, je nach den einzelnen Arten verschieden gestalteten, die Aussenfläche der Gleba umgebenden Netzes oder Gitters. Wie wir besonders durch Tulasne (Expl. sc. d'Algérie) wissen, beginnt die Entwickelung dieser Theile auch hier mit einer

Sonderung des gleichförmigen Gewebes des jungen Fruchtkörpers in Mittelsäule, Gallertschicht und äussere Peridienwand. Von letzterer gehen netzförmig anastomosirende, plattenförmige Fortsätze zur Oberfläche der Mittelsäule, die Gallertschichte wie Septa durchsetzend. Die Mittelsäule differenzirt sich zunächst weiter in die innere Peridienwand, die Gleba und einen rundlichen, knorpelig gelatinösen, axilen Gallertkörper. Letzterer nimmt den unteren, centralen Theil der Mittelsäule ein, seiner Stellung nach entspricht er dem Kegel von Phallus; an seinem Grunde sitzt er der Peridie auf und geht in diese über. Seine ganze Oberfläche mit Ausnahme der Insertionsstelle wird von der dicken Gleba überzogen; die Tramaplatten dieser entspringen allenthalben von dem Gallertkörper, der Umfang desselben erscheint daher auf dem Durchschnitte mit zahlreichen, in die Gleba strahlig einspringenden, ungleichen Fortsätzen und Zacken versehen. Wo die von der Aussenwand der Peridie ausgehenden Septa auf die Innenwand treffen, ist das weisse (primitive?) Gewebe dieser in bestimmten, netzförmig anastomosirenden Streifen mächtiger als in den Zwischenräumen zwischen letzteren. In diesen Streifen entstehen nach Anlegung der Gleba die Theile des gitterförmigen Receptaculums. Mit der Reife dehnt sich dies gewaltig und tritt aus der aufreissenden Peridie weit hervor. Die Gleba sitzt dabei dem obersten Theile seiner Innenfläche an; wie bei Phallus zerfliesst ihr gallertiges Gewebe bald zu einer mit den Sporen abtropfenden Schmiere. Der Bau des fertigen Receptaculums gleicht, wie besonders Corda's Darstellungen zeigen, dem von Phallus so sehr, dass eine Uebereinstimmung der Entwickelung seiner Gewebetheile und seines Ausdehnungsmechanismus mit den für letztgenannte Gattung beschriebenen kaum zweifelhaft ist, obgleich directe Beobachtungen hierüber fehlen.

Noch mehr als die Phalloideen entfernt sich die Gruppe der Nidularieen von dem typischen Bau der Gastromyceten. Der reife Fruchtkörper dieser Pilze fiel schon den Vätern der heutigen Botanik auf, da er einen (mit wenigen Ausnahmen) offenen Becher darstellt, in welchem meist 10 — 20 linsenförmige, samenähnliche Körper liegen, entweder frei oder mit Stielchen an die Wand befestigt. Den Becher bezeichnet man jetzt als Peridium, die samenähnlichen Körper als Peridiolen oder Sporangien, ihr Stielchen als Funiculus. Ueber die Entwickelung der Nidularieen haben wir durch Schmitz, Tulasne und Sachs Aufschluss erhalten. Von der Arbeit des Letzteren sollen die Resultate hier kurz mitgetheilt werden, theils weil sie die neueste und vollständigste ist, theils weil Crucibulum vulgare Tul., mit dem sie sich beschäftigt, zwischen den übrigen Nidularieenformen in der Mitte steht und daher ein besonders geeignetes Beispiel für die ganze Gruppe darstellt. (Vgl. Fig. 35).

Die Fruchtkörper der genannten Art entstehen als kugelförmige Körperchen durch reichliche Wucherung und Verflechtung der Fäden des flockigen, bald schwindenden Myceliums. Sie bestehen der Hauptmasse nach aus einem dichten, lufthaltigen und daher weissen Geflecht ästiger primitiver Hyphen, deren peripherische Zweige sich in Form arabeskenartig verästelter, braunhäutiger Haare über die Oberfläche erheben. Durch andauernde Neubildung in ihrem primitiven Gewebe wächst die Kugel und nimmt allmählich die Form eines etwa 6 Mm. hoch werdenden, kurzen Cylinders an. Der breite Scheitel dieses bleibt hierbei von den verzweigten Haaren bedeckt, es werden von letzteren wenig

oder keine neue gebildet, die erstvorhandenen rücken daher immer mehr und schliesslich so weit auseinander, dass das tiefer liegende weisse Gewebe zu Tage tritt. Unterhalb des Scheitels entsprossen der sich vergrössernden Peripherie radial abstehende braune Fäden, welche miteinander die äusseren Schichten der Peridie bilden, nämlich einen dichten, die Oberfläche überziehenden Haarfilz und eine innerhalb dieses liegende, dichter verflochtene Schicht, die Aussenschicht der Peridie. Während dieser Veränderungen tritt im Innern des Körpers eine theilweise Umwandlung des weissen Primitivgewebes in luftfreien Gallertfilz ein. Ausgenommen von dieser bleibt erstlich eine den ganzen Körper umziehende, der äusseren Peridienschicht anliegende, vorzugsweise parallel der Oberfläche gefaserte dünne Lage; sie stellt die Innenschicht der Peridie, und auf dem Scheitel des Körpers die von dem verschwindenden Haarüberzug bekleidete, später selbst verschwindende Deckelhaut (Epiphragma) dar. Ferner bleiben von der besagten Umwandlung ausgenommen eine Anzahl runder, im Innern gelegener Portionen, die Anlagen der Sporangien, und ein von jeder dieser letzteren zur Peridie verlaufender Hyphenstrang,

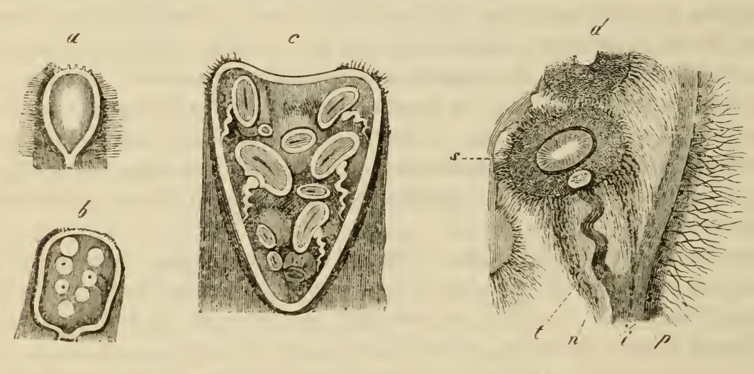


Fig. 35.

die Anlage des Funiculus. Letzterer verläuft Anfangs in der Mittellinie einer vom Sporangium zur Peridie ausgespannten, beutelförmigen, nicht gallertigen Schichte, welche jedoch später gleichfalls in Gallertgewebe umgewandelt wird. In der Mitte der Sporangiumanlagen bezeichnet von Anfang des Umwandlungsprocesses an eine runde Gallertmasse die Stelle der künftigen Höhlung des Sporangiums; und eine ebensolche, kleine Masse liegt an der Insertion des Funiculus in letzteres; sie ist die Anlage des späteren »Nabelbüschels«, der einzigen bis nach der völligen Reife dauernden Gallertfilzportion. Der ganze Process, durch welchen sich die Theile aus dem primordialen Gewebe gleichsam herausmodelliren, beginnt im Grunde der Peridie und schreitet langsam gegen

Fig. 35. Crucibulum vulgare Tul. *a*—*c* radiale Längsschnitte, schwach vergr. in reflect. Licht, *a*, *b*, junge Fruchtkörper, in *b* erste Anlage der Sporangien. *c* älterer Fruchtkörper, fünf Sporangien ungefähr in der Mitte durchschnitten. *d* dünner Längsschnitt durch ein Stück eines etwas jüngeren Körpers als *c*, stärker vergr., in durchfallendem Lichte. *p* äussere, *i* innere Schicht der Peridie, *n* Funiculus, *t* der ihn umgebende transitorische Beutel. *s* Sporangium, das durchscheinende Gewebe ist Gallertfilz. — Nach Sachs copirt.

den Scheitel hin fort. Einmal angelegt wachsen alle Theile in ihrer besonderen Weise. Die Sporangien nehmen linsenförmige, an der Insertionsstelle des Funiculus genabelte Gestalt an, ihr Anfangs gleichförmiges Gewebe differenzirt sich in drei concentrische Schichten, und von der innersten dieser sprossen die Elemente des Hymeniums, wie bei anderen Gastromyceten, in den durch Verschwinden des Gallertfilzes leer gewordenen Innenraum. Der Funiculus nimmt, wohl durch Einschiebung neuer Hyphenzweige, grössere Dichtigkeit an; er streckt sich zugleich in die Länge und erhält korkzieherartige Krümmungen. Die Peridie nimmt an Umfang zu; das ihren Scheitel bedeckende Epiphragma hört zuletzt auf, ihrer Ausdehnung zu folgen, zerreisst und verschwindet. Gleichzeitig wird der im Innern befindliche Gallertfilz zerrissen und durch Vertrocknen unkenntlich, die bekannte Form und Structur des reifen Pilzes ist somit hergestellt. Aus Tulasne's Mittheilungen geht hervor, dass die Entwickelung von Cyathus mit Crucibulum im Wesentlichen durchaus übereinstimmt und das Gleiche darf für Nidularia angenommen werden. nur dass hier der Funiculus, wenigstens bei der Reife, ganz fehlt. Von den fertigen Theilen des Fruchtträgers zeigt der Funiculus einige besonders erwähnenswerthe Structureigenthümlichkeiten. Bei Crucibulum besteht derselbe aus einem Strange paralleler, derbwandiger Hyphen, welche beim Befeuchten weich und in geringem Grade dehnbar werden. Einerseits inserirt er sich der Peridie, andererseits der nabelförmigen Vertiefung an der Oberfläche des Sporangiums. An der letzteren Insertionsstelle ist er zu einer etwa $^2/_3$ Mm. grossen Anschwellung verbreitert, welche oben Nabelbüschel genannt worden ist. Dieses besteht aus einer beutelförmigen äusseren Lage, welche von festen, straff vom Funiculus zur Sporangiumoberfläche ausgespannten Hyphen gebildet, auf ihrer Oberfläche ausserdem von einem lockeren, wolligen Geflecht reich verzweigter Fäden bedeckt wird. Der Beutel umschliesst einen Strang langer, dünner, verzweigter Fäden, die einerseits dem Sporangium, andererseits dem Grunde des Beutels angewachsen und, vielfach hin- und hergebogen, zu einem in Gallerte eingebetteten, dichten Knäuel zusammengewirrt sind. In Wasser quillt die Gallerte sofort bis zur Unkenntlichkeit auf. Wird der befeuchtete Beutel verletzt, so quillt das Knäuel sofort aus der Oeffnung hervor, und eine leichte Zerrung genügt, um dasselbe zu einem 3—4 Cm. langen, feinen, fadenförmigen Strange auszustrecken. Etwas complicirter noch und, wie Tulasne gezeigt hat, nach den Arten verschieden, ist der Funiculus bei Cyathus gebaut. Bei C. striatus z. B. hat er eine Länge von durchschnittlich etwas über 2 Mm. Er ist ungefähr cylindrisch und in der Mitte durch eine tiefe quere Einschnürung in ein unteres und oberes Stück getheilt. Jenes und das dünne Mittelstück besteht aus einem Geflechte reich verästelter, dickwandiger aber feiner Hyphen, welches trocken spröde, befeuchtet zähe und bis auf etwa die doppelte Länge ausdehnbar ist. Das obere Stück stellt einen vom unteren zur Sporangiumwand ausgespannten, in diese übergehenden Beutel dar; in diesem liegt ein aus feinen parallelen Hyphen bestehender fadenförmiger Strang, der etwa 3 Cm. lang und daher in dem nur 1 Mm. langen Raume des Beutels in zahlreiche Windungen gelegt ist. Das obere Ende des Stranges ist dem Sporangium inserirt, das untere geht in ein Knäuel über, welches dem im Nabelbüschel von Crucibulum befindlichen gleich, von Gallerte umhüllt und in das etwas angeschwollene untere Ende des Beutels einge-

schlossen ist. Die Wand des Beutels ist dem unteren Stücke des Funiculus im Wesentlichen gleich gebaut. Der ganze Körper ist im trockenen Zustande ziemlich spröde. Durch begierige Aufsaugung von Wasser schwillt er an, wird weich und biegsam; der gewundene Strang lässt sich nach Zerreissung des Beutels zu seiner oben bezeichneten Länge ausstrecken, ohne erheblich über diese hinaus gedehnt werden zu können; das Knäuel am Grunde verhält sich dem von Crucibulum ganz gleich, durch leichte Zerrung werden seine Hyphen in dem Maasse gestreckt, dass der ganze Strang auf eine Länge von 8 Cm. ausgezogen werden kann. Die Hyphen des streckbaren Gewebes der Funiculi sind dünn und mit meist bis zum Verschwinden des Lumens verdickten Wänden versehen. Sie bestehen aus langen Gliederzellen, die mit angeschwollenen Enden aufeinanderstehen und an diesen die im 1ten Capitel (Seite 15) erwähnten eigenthümlichen Schnallenbildungen zeigen. —

Vergleicht man die Nidularieen mit den typischen stiellosen Gastromyceten, so ist eine Uebereinstimmung in dem Entwickelungsplane unverkennbar, die Nidularieen im Grunde nur durch die geringe Zahl und Weite ihrer durch relativ sehr dicke Wände von einander getrennten Kammern ausgezeichnet, und dadurch, dass mit der Reife der in Gallertfilz umgewandelte Theil der Gleba verschwindet, die Kammern der Gleba hierdurch zu den getrennten Sporangien werden.

Bei den Nidularieen sowohl wie den Phalloideen tritt besonders deutlich hervor, wie die verschiedenen Theile des reich gegliederten Fruchtkörpers dadurch entstehen, dass verschiedene Regionen eines ursprünglich gleichförmigen, primitiven Hyphengeflechtes verschiedene Structur annehmen und dann, jede in ihrer besonderen Weise, zu den dauernden oder transitorischen Organen des Pilzes heranwachsen. Es mag hier nochmals daran erinnert werden, dass der gleiche Vorgang bei der Anlegung des Fruchtkörpers sämmtlicher Gastromyceten und der beschleierten Hymenomyceten stattfindet.

Ueber Sphaerobolus kennt man zur Zeit, ausser einigen guten anatomischen Details, welche Corda (Ic. V, p. 66) gegeben hat, und der von Tulasne und Bonorden gleichzeitig gefundenen Thatsache, dass seine Fructification mit der der Gastromyceten übereinstimmt, nicht viel mehr, als die ersten Beschreibungen besagen. Auf diese möge daher verwiesen werden, bis die Entwickelungsgeschichte des interessanten Pilzes eine vollständigere Bearbeitung findet.

4. Fruchtträger von Elaphomyces und den Tuberaceen.

Die reifenden Fruchtkörper von Elaphomyces[1]) zeigen eine dem gleichnamigen Organe der Gastromyceten entsprechende überall geschlossene Peridie, welche aus zwei mehr oder minder scharf hervortretenden, übrigens immer fest miteinander verbundenen Schichten besteht. Die innere derselben (Peridium im engeren Sinne nach Vittadini) ist ein mächtiges, aus dicht verfilzten, manchmal sehr derbwandigen Hyphen zusammengeflochtenes Ge-

1) Die sich hier anschliessende kleine Gattung Onygena sowie die ungenügend bekannten Formen, welche als Cenococcum und Endogone bezeichnet werden, lasse ich hier unberücksichtigt.

webe. Die äussere (Cortex Vittad.) ist dünner, je nach den Arten von verschiedener Consistenz und entweder glatt oder warzig, haarig, stachelig. Ihr Bau wechselt gleichfalls nach den Species und ist für die meisten derselben noch nicht genauer beschrieben. Bei E. granulatus ist sie hart, spröde und mit Warzen dicht besetzt; die Mitte einer jeden dieser besteht aus einer kegelförmigen Gruppe unregelmässig gestalteter und mit überaus stark verdickten, lebhaft gelben Wänden versehenen Zellen. Die Basen dieser Kegel sitzen der Innenschicht unmittelbar auf und berühren einander seitlich. Die Zwischenräume zwischen den Kegeln und die Gipfel derselben werden theilweise ausgefüllt, beziehungsweise bedeckt von einem lückenlosen, aus vielen zur Oberfläche concentrischen Lagen vierseitig prismatischer Zellen bestehenden Gewebe: innerhalb einer jeden Lage sind die Zellen in Reihen geordnet, welche von jedem Kegel aus strahlig divergiren und in den Zwischenräumen mit den von benachbarten Kegeln ausstrahlenden zusammenstossen. Ein der Oberfläche paralleler Schnitt ist somit aus zierlichen, von strahligen Zellreihen gebildeten rundlichen Facetten zusammengefügt, deren jede in ihrer Mitte eine Gruppe derber lebhaft gelber Zellen zeigt.

Von der Peridie entspringt allenthalben ein den Innenraum durchsetzendes, locker verfilztes Geflecht dünner langgliederiger Hyphen; hie und da sind diese, zumal bei jüngeren Exemplaren, wohl zu grösseren, von der Peridie nach innen vorspringenden Platten oder Strängen dichter vereinigt, eine in abgeschlossene Kammern getheilte Gleba ist jedoch nicht vorhanden. Die Lücken des dünnfädigen Geflechtes sind allenthalben locker ausgefüllt von dem fruchttragenden Gewebe: Hyphen, die zwei- bis dreimal dicker als die ersterwähnten, kurzgliederig, vielfach gekrümmt zu Knäueln verflochten sind und an ihren Zweigenden die Sporenmutterzellen tragen. Mit der Sporenreife wird das ganze fruchttragende Gewebe gallertig aufgelockert und verschwindet, das dünnfädige Geflecht bleibt als zartes Capillitium zwischen dem trockenen, massigen Sporenpulver zurück.

Die Fruchtkörper der typischen Tuberaceen haben bekanntlich die Gestalt von Knollen, welche entweder mit einer deutlichen Basalportion dem Mycelium aufsitzen (z. B. Terfezia, Delastria) oder (z. B. Tuber) in der Jugend ringsum von dem Mycelium eingehüllt sind und mit ihm zusammenhängen, während dasselbe zur Zeit der Reife verschwunden ist und der Fruchtkörper alsdann nackt und frei im Boden liegt.

Ihre Oberfläche ist entweder (abgesehen von den vielfach vorkommenden Warzen und Rauhigkeiten) glatt und nur mit ganz unregelmässigen, so zu sagen zufälligen grösseren Unebenheiten versehen (z. B. Tuber aestivum, melanospermum u. s. w., Terfezia) oder sie zeigen typische, grubige Vertiefungen oder enge und tief einspringende, gyrös gewundene Furchen (z. B. Hydnobolites, Genabea). Der Fruchtkörper besteht im einfachsten Falle, nämlich bei Hydnobolites, aus einem fleischigen, von dicht verflochtenen Hyphen gebildeten Gewebe, dem allenthalben zahlreiche, den Hyphenästen aufsitzende Sporenmutterzellen eingelagert sind; nur die oberflächlichste Gewebeschicht stellt eine Art Peridie dar, einen zarten, aus sterilen Hyphen bestehenden Flaum.

In einer zweiten Reihe von Formen unterscheidet man eine sterile Grundmasse und zahlreiche dieser eingebettete Gruppen oder Nester fruchttragenden

Gewebes. Letzteres besteht aus einem mehr oder minder dichten Hyphengeflechte, welchem die von den Zweigenden entspringenden Sporenmutterzellen in grosser Zahl ordnungslos eingebettet sind. Jenes füllt die Räume zwischen den fertilen Gruppen aus in Form breiter, weitaus die Hauptmasse des Körpers bildenden Streifen (Genabea) oder relativ schmaler Platten, welche auf Durchschnitten das Bild reich und oft fein verzweigter Adern gewähren (Terfezia, Delastria). Aussen wird der Körper von einer verschieden dicken Lage sterilen Gewebes als von einer Peridie umzogen, von der die Adern und Streifen im Innern entspringen: die Hyphen der fertilen Gruppen nehmen von den angrenzenden sterilen ihren Ursprung.

Ein dritter Typus wird durch die Gattung Balsamia dargestellt. Die Oberfläche des Körpers wird hier von einer dicken, überall geschlossenen Peridie umzogen, und der Innenraum ist in viele eng gewundene, luftführende Kammern getheilt mittelst dicker Gewebeplatten, welche von der Peridie entspringen gleich den Kammerwänden der Hymenogastreen. Wie bei diesen ist die Wand der Kammern mit einer Hymenialschichte ausgekleidet, deren Elemente ungefähr senkrecht auf jener stehen.

Eine ähnliche Structur wie die soeben beschriebene kommt der Gattung Tuber, oder doch wenigstens mehreren Arten derselben (T. rufum, mesentericum, excavatum u. a., Tulasne f. hyp. Tab. XVII, XVIII) in der Jugend zu, nur dass die Kammern sehr eng und ungemein reichlich gewunden und verzweigt sind. Schon in frühen Stadien wachsen aber Hyphen des angrenzenden Gewebes in den Raum der Kammern hinein, um denselben vollständig auszufüllen in Form eines dichten, in den Interstitien lufthaltigen und daher weissen

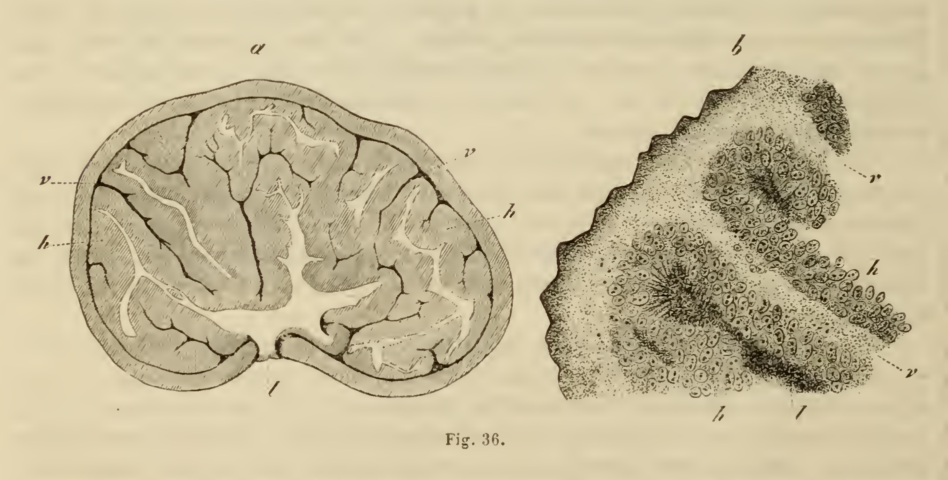


Fig. 36.

Geflechtes. Gleichzeitig nimmt die Hymenialschichte der Kammerwände an Dicke beträchtlich zu und erhält die Beschaffenheit eines massigen, allenthalben Sporangien tragenden, unordentlichen Geflechtes. Die Trama der Kammer-

Fig. 36. Tuber rufum Pico. Nach Tulasne fung. hypog. *a* kleines Exemplar, halbirt, 5mal vergr. in reflectirtem Lichte. Die weissen Adern, *l*, luftführend, die schwarzen, *v*, flüssigkeitführend. *h* Hymenialgewebe. *b* dünner Schnitt durch ein junges Exemplar, bei durchfallendem Licht, 15mal vergr. Buchstaben wie in *a*.

wände behält bei manchen Arten ihre ursprüngliche Beschaffenheit bei. Diese Verhältnisse bedingen das characteristische, marmorirte Aussehen des Durchschnittes einer reifen oder reifenden Trüffel (Fig. 36): in einer dunkelfarbigen Grundmasse, dem fruchttragenden Geflechte, verlaufen zweierlei verzweigte Adern, dunkel gefärbte und daher wenig auffallende, welche der Trama entsprechen und keine Luft enthalten (Venae lymphaticae, Veines aquifères Tul., Venae internae Vittadini) und weisse, luftführende (Veines aërifères, Venae externae). Erstere entspringen immer von der Innenfläche der Peridie. Letztere (und wahrscheinlich schon die Hohlräume, durch deren Ausfüllung sie entstehen) reichen an einzelnen Stellen bis zur Oberfläche der Peridie, münden daselbst gleichsam nach aussen; und zwar geschieht dies an ordnungslos über die Oberfläche zerstreuten Orten, oder so, dass sich die Adern von allen Seiten her in einen an einem bestimmten Punkte des Umfanges mündenden Hauptstrang vereinigen. Manche Tuberarten (z. B. T. dryophilum, rapaeodorum) lassen nur Luftadern in der überall gleichmässig von Sporenmutterzellen durchsetzten Grundmasse unterscheiden; wenigstens in ihren bis jetzt bekannten Entwickelungsstadien.

Was den feineren anatomischen Bau der Tuberaceen betrifft, so ist dem Gesagten noch hinzuzufügen, dass die peripherische, als Peridie bezeichnete Schichte eine meist mächtige, dichte, pseudoparenchymatische Gewebemasse darstellt. Die äusseren Zellenlagen derselben sind in den meisten Fällen mit verdickten und der braunen bis schwarzen Farbe der Oberfläche entsprechend gefärbten Wänden versehen, seltner sind sie zartwandig und die Oberfläche von abstehenden Haaren bedeckt (Tuber rapaeodorum u. a.). Mit Ausnahme von Stephensia, deren Peridie scharf von einander abgesetzte Schichten zeigt, gehen die äusseren Zellenlagen ganz allmählich in die inneren über und diese ebenso in die zwischen dem fruchttragenden Gewebe verbreiteten sterilen Adern und Streifen. Letztere zeigen entweder (Genabea) den gleichen, pseudoparenchymatischen Bau wie die Peridie; oder, in den meisten Fällen, lassen sie, der Trama der Gastromyceten ähnlich, einen Verlauf ihrer Hyphen erkennen, welcher dem der Adern folgt.

Die Tuberaceengattungen Hydnocystis, Hydnotria und Genea sind hier unberücksichtigt geblieben, weil ihre genauere Betrachtung zu sehr in descriptive Einzelheiten führen würde; hier mag die Bemerkung genügen, dass sie in ihrem ganzen Bau die Mitte halten zwischen Tuberaceen und den typischen Discomyceten.

Ueber die ersten Entwickelungsstadien von Elaphomyces und den Tuberaceen liegen nur wenige Beobachtungen vor.

Die jüngsten Fruchtträger von Elaphomyces granulatus[1]), welche ich gefunden habe, sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mm. grosse, kugelige Körperchen, welche im Innern eines dichten, schmutzig gelben Myceliums sitzen. Ihre Oberfläche ist mit einer Corticalschichte überzogen, welche die gleiche Dicke, Farbe und warzige Oberfläche zeigt, wie bei erwachsenen Exemplaren, und aus einem zartwandigen, unordentlichen Pseudoparenchym besteht, dessen Elemente vielfach mit

1) Vielleicht besser E. asperulus Vitt., wenn zwischen beiden Arten überhaupt eine Grenze gezogen werden könnte.

den Myceliumfäden in continuirlichem Zusammenhange stehen. Die Corticalschichte umgibt eine aus dicht verflochtenen, zarten Hyphen gebildete, den ganzen inneren Raum ausfüllende Gewebemasse, welche allenthalben den gleichen Bau, nur in verschiedenen Regionen verschiedene Farbe zeigt; eine kleine, centrale Portion ist weisslich, diese wird umgeben von einer schmutzig violetten Schichte, und eine zwischen letzterer und dem Cortex liegende schmale Zone hat wiederum weisse Farbe. Wie spätere Zustände zeigen, wird die weissliche Centralmasse zum fruchttragenden Gewebe oder der Gleba, das übrige zur Peridie. Die beschriebene Structur und das Grössenverhältniss der einzelnen Regionen bleiben die gleichen bis der Körper stark erbsengross ist. Noch grössere Exemplare zeigen die Gleba in höherem Maasse als die Peridie vergrössert, zwischen den dünnen Fäden ihres ursprünglichen Geflechtes beginnt die Entwickelung des sporenbildenden Gewebes, und bald macht die Gleba weitaus die Hauptmasse des Körpers aus, der allmählich bis zu Nussgrösse heranwachsen kann. Während somit der Umfang der Peridie gewaltig wächst, nimmt ihre absolute Dicke gleichzeitig noch zu, oder doch jedenfalls nicht ab. Die Structur der Innenschicht, insonderheit die Dicke ihrer Hyphen, bleiben hierbei unverändert; auch die Zellen der Corticalschichte werden nur etwa um die Hälfte grösser, als in dem beobachteten ersten Stadium, die Warzen vermehren sich derart, dass sie bei wenig veränderter Grösse die Oberfläche stets dicht bedecken, und zwar geschieht ihre Vermehrung dadurch, dass sich eine in zwei oder mehrere spaltet. Alle diese Daten zeigen, dass das Wachsthum hier bis in späte Entwickelungsstadien durch eine in allen Theilen gleichzeitig dauernde Neubildung von Zellen geschehen muss.

Tulasne's Darstellungen stimmen mit dem eben Gesagten überein, bis auf die Angabe, dass die jungen Exemplare zuerst hohl sein sollen — eine Differenz, welche vielleicht in Verschiedenheiten der untersuchten Species ihren Grund hat.

Aehnlich wie bei Elaphomyces scheint sich, nach den wenigen Daten welche wir Tulasne verdanken, das Wachsthum von Tuber zu verhalten. Die Fruchtkörper entstehen, wie schon oben erwähnt wurde, im Innern eines Myceliumgeflechtes. Schon in sehr früher Jugend sind an ihnen die verschiedenen Regionen und Gewebe von einander gesondert; bei hanfsamengrossen Exemplaren von Tuber mesentericum zeigt die Oberfläche schon den Bau und die schwarze Farbe erwachsener Exemplare.

Eine vollständige Entwickelungsgeschichte dieser unterirdischen Gewächse wird wohl auf sich warten lassen, bis es gelungen ist, sie zu cultiviren.

Litteratur
der Gastromyceten und Tuberaceen.

Micheli, Nov. pl. gen. (Phallus. Clathrus.)

Vittadini, Monographia Tuberacearum. Mediol. 1831. (Mir nur nach den Citaten bei Tulasne bekannt.)

—— Descr. dei funghi mangerecci etc. Milan. 1835.

—— Monogr. Lycoperdineorum. (Memoire delle Ac. Torino, Tom. V, 1842.)

Berkeley, Annals and Mag. of Nat. Hist. 1839 u. Ann. sc. natur. 2e Série. Tom. XII, p. 160.

Schmitz, Ueber Cyathus. Linnaea Bd. XVI (1842).
Tulasne, De la fructification des Scleroderma comparée à celle des Lycoperdon et des Bovista. Ann. sc. nat. 2e Sér. Tom. XVII.
—— Sur les genres Polysaccum et Geaster. Ibid. Tom. XVIII (1842).
—— Rech. sur l'organis. des Nidulariées. Ibid. 3é Sér. Tom. I (1844).
—— Rech. sur l'organis. des Onygena. Ibid.
—— Description d'une nouvelle espèce de Secotium. Ibid. Tom. IV (1845).
—— in d. Exploration scientif. d'Algérie, p. 434, Tab. 23. (Entwickelung von Clathrus.) Ueber denselben Gegenstand s. Berkeley, Hookers Journ. of Bot. Vol. IV, p. 68.
v. Schlechtendal u. Müller, Mitremyces Junghuhnii, Bot. Ztg. 1844, 401.
Bonorden, Mycologische Beobachtungen. Bot. Zeitg. 1851, p. 18. (Phallus, Sphaerobolus.)
—— die Gattungen Lycoperdon u. Bovista. Ibid. 1857, p. 593.
Rossmann, Beitr. zur Entw. des Phallus impudicus. Ibid. 1853, p. 185.
Jul. Sachs, Morphologie des Crucibulum vulgare Tul. Ibid. 1855.
v. Schlechtendal, Phalloideen. Linnaea Bd. 31 (1862). Enthält reiche Litteraturangaben über diesen Gegenstand.
Hoffmann, Icon. analyt. Fungor. II, p. 33 (Hymenogaster).
de Bary, Beitr. zur Morphol. u. Physiol. d. Pilze, I (1864) (Phallus).

Haupt-Quellenwerke endlich sind:
Corda, Icon. fungorum Tom. II, V, VI und vor allen Tulasne, Fungi hypogaei. Paris 1851.

5. Pyrenomyceten.

Die Pyrenomyceten sind von ihren nächsten Verwandten (den Discomyceten und Tuberaceen) durch die Conceptacula oder Perithecia (Pyrenia nach Wallroth) ausgezeichnet, kleine, krugförmige oder rundliche und bei den meisten mit einer engen Oeffnung nach aussen mündende Behälter, deren einfacher Hohlraum die für die Ordnung characteristischen Fortpflanzungsorgane (Sporenschläuche) enthält. Diese bilden, oft mit accessorischen Organen, eine von der Wand entspringende Hymenialschichte und füllen sammt letzterer den Innenraum ziemlich vollständig aus, in Form einer weichen Masse, welche der Kern, Nucleus des Peritheciums genannt worden ist.

Bei einer Reihe von Formen (z. B. Sphaeriae simplices Fries, Pleospora, Capnodium etc.) sitzen die Perithecien frei auf dem fädigen, meist unscheinbaren Mycelium, einzeln oder gruppenweise, jedes stellt für sich allein einen besonderen Fruchtträger dar. In einer zweiten Reihe (Sphaeriae compositae, Xylaria, Cordyceps, Hypoxylon u. s. w.) sind die Perithecien zu mehreren bis sehr vielen der Oberfläche eines gemeinsamen Trägers aufgesetzt oder eingesenkt, so zwar dass ihre Mündungen ins Freie sehen.

Der gemeinsame Träger, Stroma genannt, hat in den meisten Fällen polsterförmige, in anderen aber auch die Gestalt einfacher oder verzweigter, stiel- und strauchförmiger Körper, Becher, u. s. f. Seine Structur und Entwickelung gleicht, wenn man von den Perithecien absieht, im Allgemeinen vollständig den gymnocarpen Fruchtträgern; das Spitzenwachsthum der stielförmigen Stromata von Xylaria ist schon 1843 (Linnaea Bd. 17) von Schmitz durch genaue Messungen nachgewiesen worden; für die übrigen fehlt es noch an

genauen Untersuchungen über die Art ihres Wachsens. Was die Structur betrifft, so ist die Mehrzahl der Stromata fest, wasserarm, ihre Zellmembranen derb und entweder in dem ganzen Stroma oder nur in der Corticalschichte verholzt, spröde und lebhaft, meist braun oder schwarz gefärbt, kohlig, carbonaceae, nach dem üblichen Terminus. Fleischige Stromata kommen nur wenigen Genera (z. B. Cordyceps) zu.

Das Perithecium ist mit einer Wand versehen, welche aus einer verschieden grossen Anzahl zur Oberfläche concentrischer, fest verbundener Zellenlagen besteht, entweder einem dichten Geflechte deutlich unterscheidbarer Hyphen, oder anscheinend ordnungslosem Pseudoparenchym. Die freie, nicht einem Stroma eingesenkte Perithecienwand lässt zwei Schichten unterscheiden, die jedoch allmählich ineinander überzugehen pflegen: eine äussere, aus derbwandigen Zellen, welche je näher der Oberfläche um so grösser sind, und eine innere, aus meist kleineren und stets überaus zarten, farblosen Zellen gebildete, welcher die Bestandtheile des Hymeniums unmittelbar aufsitzen. Von der freien Aussenfläche entspringen nicht selten abstehende Haare und, an der Basis der stromalosen Perithecien, Wurzelhaare.

An den Perithecien, welche einem Stroma eingesenkt sind, unterscheidet man meistens gleichfalls zwei von der Substanz des Stroma verschiedene eigene Wandschichten; die innere zartzellig, wie soeben beschrieben wurde, die äussere derb, verholzt, oft kohlig und, soweit Untersuchungen darüber vorliegen, meistens aus concentrisch verlaufenden Hyphen zusammengesetzt, deren einzelne Zellen sehr eng und zur Zeit der Reife oft schwer unterscheidbar sind (Xylaria, Hypoxylon, Ustulina). In einer anderen Reihe von Fällen (z. B. Claviceps, Dothidea im Sinne von Tulasne Carpol.) fehlt eine vom Stroma abgegrenzte Aussenwand, das Perithecium ist gleichsam eine in das Stroma eingegrabene Höhlung, welche ausgekleidet wird von der zartzelligen, hymeniumtragenden Schichte, und diese geht unmittelbar in das Gewebe des Stroma über.

An der Stelle, wo die Mündung liegt, ist die Perithecienwand meistens mehr oder minder nach aussen vorgetrieben, oft zu einer Papille oder selbst zu einem langen Halse ausgezogen, in anderen Fällen (z. B. Nectria) ist die Vortreibung kaum bemerkbar. Ein stets äusserst enger Canal geht an der bezeichneten Stelle von dem Innenraume zur Oberfläche und mündet an letzterer mit einer ebenfalls engen, unter der Lupe punktförmigen Oeffnung. Von der Wand des Canals entspringen allenthalben dicht gedrängte, sehr zarte und kurze Fädchen oder Haare, welche schräg aufwärts gerichtet sind und von allen Seiten her derart convergiren, dass ihre Enden einander in der Mittellinie des Canals bis zur Berührung genähert werden; der Canal ist also durch diese Auskleidung fast vollständig verstopft. An der Grenze zwischen Mündungscanal und Perithecienhöhlung wenden sich die Auskleidungshaare des ersteren mit ihren Enden immer mehr nach letzterer hin, die untersten ragen fast senkrecht in diese hinab. Diese Auskleidung des Canals kommt jedenfalls vielen Pyrenomyceten zu, z. B. Xylaria, Ustulina, Stictosphaeria Tul., Sphaeria typhina, Claviceps, Nectria; ob allen, darüber erlauben die vorliegenden Daten noch kein sicheres Urtheil. Ueberhaupt gründet sich die hier gegebene Darstellung der Peritheciumstructur auf eine nur geringe Zahl genauer Beobachtungen, und ob

sie eine allgemein gültige ist, kann erst durch eine grössere Ausdehnung eingehender anatomischer Untersuchungen entschieden werden.

Bestimmt von den beschriebenen verschieden ist das stets mündungslose Perithecium der Erysipheen. Seine hauptsächlichen Eigenthümlichkeiten werden im 5ten Capitel besprochen werden.

Aus Gründen, welche gleichfalls in dem eben genannten Capitel auseinandergesetzt werden sollen, hat die Frage nach der ersten Entstehung und Entwickelung der Perithecien ein besonderes Interesse. Die älteren Beobachtungen geben auf dieselbe keine weitere Antwort als etwa die, dass die Perithecien erst klein und geschlossen sind, und die Mündung später entsteht; und dass die freien, nicht ins Stroma eingesenkten Perithecien als allmählich wachsende Erhebungen auf ihrer Unterlage hervortreten. Alle eingehenderen Untersuchungen beziehen sich auf die Entwickelung der Reproduktionsorgane in ihrem Innern. Auch die Versuche, welche Sollmann in neuester Zeit zur Lösung bezeichneter Frage gemacht hat, ergaben im Grunde kein anderes Resultat als das angeführte.

Janowitsch und ich selber haben versucht der Beantwortung jener Frage näher zu kommen. Die dahin gehenden Untersuchungen haben wegen der Kleinheit der ganz jungen Perithecien und ihrer einzelnen Formelemente grosse Schwierigkeiten. Sie sind daher zur Zeit weder abgeschlossen noch ausgedehnt genug, und das folgende Resumé derselben kann nur als Andeutung für künftige Beobachter dienen.

Das keulenförmige Stroma von Xylaria polymorpha (Fig. 37) besteht in der Jugend aus einem weissen Marke, welches von einer festen, schwarzen Rindenschichte eingeschlossen wird. Jenes wird von einem lufthaltigen Geflechte farbloser Hyphen gebildet, die Rindenschichte des fruchttragenden Theiles aus einem kleinzelligen, pseudoparenchymatischen Gewebe. Letztere wird aussen überzogen von dem später zu beschreibenden conidientragenden, zuletzt zerfallenden Hymenium. Die ersten Anlagen der Perithecien (*A*, *p*) zeigen sich in Form kleiner, kugeliger Gewebeportionen, welche dicht unter der schwarzen Rinde in dem Marke liegen und sich von dem Gewebe dieses dadurch sofort unterscheiden, dass sie luftfrei, daher durchsichtig sind. Sie bestehen aus einem dichten Geflechte zarter Hyphen, welche weit geringere Dicke haben, als die des ursprünglich vorhandenen Markes, und daher als Neubildung in diesem entstanden sein müssen; nur in der Mitte der Kugel liegt ein kleiner, unregelmässiger Knäuel von weiteren Zellen. Die Kugeln vergrössern sich zunächst, unter gleichbleibender Gestalt, Structur und Lage, nach dem Marke hin. Dann erhebt sich von ihrer an die Rinde grenzenden Portion ein dichtes, breit- und abgestutzt kegelförmiges Büschel zarter, gerader Hyphen, welches sich gegen die Rinde hin streckt, diese erst wenig vortreibt und dann allmählich durchbohrt, so dass die Enden seiner Elemente über die Oberfläche vorragen (*n*). Die Peritheciumanlage hat somit die Gestalt eines Eies erhalten, dessen breiterer Theil im Marke liegt und die Anlage des Grundtheils des Peritheciums ist, während das schmale, in die Rinde eingekeilte Ende die Anlage des Halses und der Mündung des Peritheciums bildet. Schon früh entsteht in der Mittellinie des letzteren, in nicht genau ermittelter Weise, der von den convergirenden Härchen ausgekleidete Canal, während die Elemente in seiner Peripherie verholzen,

der Hals daher bald von einer schwarzen, mit der Rinde continuirlich zusammenhängenden Aussenwand umgeben ist (q). Der Process des Verholzens und

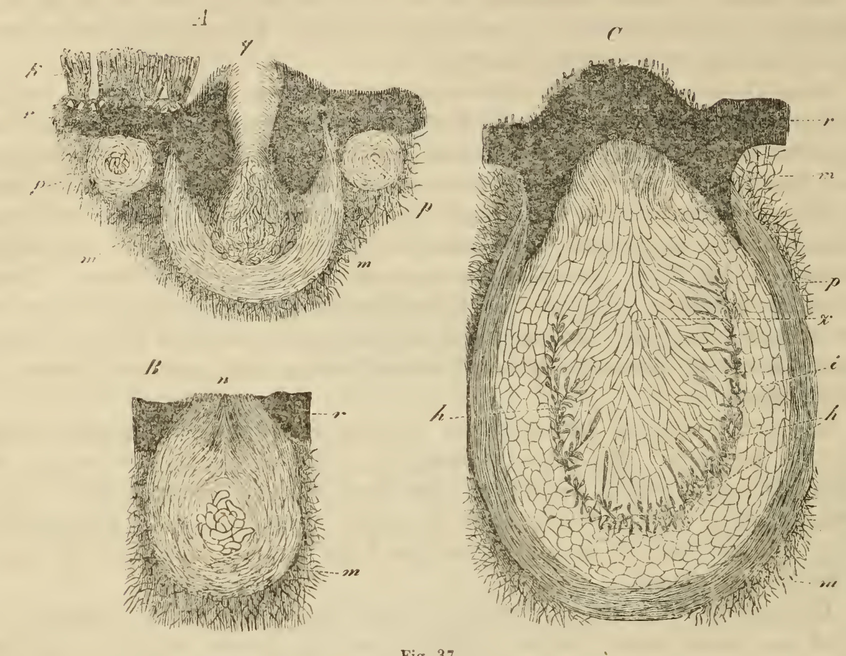


Fig. 37.

Schwarzwerdens schreitet gegen den Grund des Peritheciums sehr langsam fort und erreicht hier erst bei der Reife seine Vollendung. Mit der Anlegung des Halses dehnt sich der Grundtheil des Peritheciums weiter in das Mark hinein aus. Sein Umfang wird dabei stets von einer Schichte fest verflochtener, der Oberfläche parallel laufender, dünner Hyphen eingenommen: der später verholzenden und schwarz werdenden, äusseren Wandschicht. Diese umschliesst eine verworrene, kugelige und den ganzen Innenraum ausfüllende Fadenmasse, den Kern des Peritheciums, deren Hyphen zunächst sehr zart und dünn bleiben, nur in der Mitte einige schon erwähnte, weite Zellen umschliessen, und welche in Wasser stark aufquillt. Später (C) dehnen sich die Zellen des Kerns beträchtlich aus, ihr Protoplasmainhalt verschwindet, die Mitte des Kerns erscheint aus einem Geflecht gewundener, zartwandiger, hyaliner Hyphen mit gestreckt cylindrischen Zellen gebildet, sein Umfang aus etwa sechs Schichten isodiametrischer Zellen. Letztere bilden die innere Lage der Peritheciumwand,

Fig. 37. Xylaria polymorpha Fr. Querschnitte durch junge Stromata, mit mehr oder minder genau halbirten Perithecien, alle drei 90mal vergr. r Cortical-, m Medullarschicht des Stroma. k Conidienlager. A: p sehr junge Peritheciumanlage, mitten, p' ebensolche neben der Mittelebene durchschnitten. q ältere Peritheciumanlage. B Peritheciumanlage, deren Mündungstheil n die Corticalschicht durchbricht. C Fast erwachsenes Perithecium. Der Schnitt ging neben der Mündung (die wie bei q beschaffen ist) her, im Uebrigen genau durch die Mittelebene. p äussere (noch nicht verholzte), i innere Perithecienwand, x grosszelliges, hyalines Gewebe der Kernmitte, h Anfänge des Hymeniums.

und aus ihnen sprossen zuletzt die Bestandtheile des Hymeniums hervor, die hyalinen Hyphen der Mitte mehr und mehr verdrängend (Fig. 37 *C*, 38). Das Gewebe des Kerns behält jederzeit eine hohe Quellbarkeit in Wasser. Die gleiche Entwickelung der Perithecien findet, soweit meine Untersuchungen reichen, bei Xylaria Hypoxylon und Ustulina vulgaris Tul. statt.

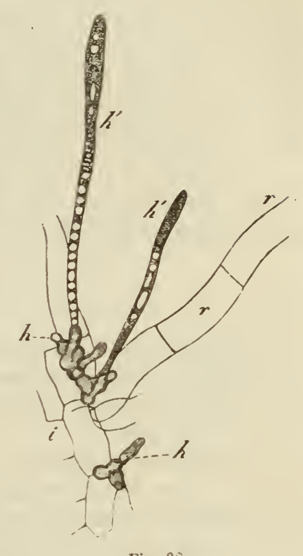


Fig. 38.

Die Perithecien von Nectria cinnabarina entstehen als gewölbte Hervorragungen auf der Oberfläche des Stromas; ihre Mitte wird in den frühesten untersuchten Stadien von einem Knäuel unregelmässiger, farbloser, hyaliner Zellen eingenommen, ihr Umfang von einigen Lagen pseudoparenchymatischer Zellen, deren Wände die rothe Farbe der Zellmembranen des Stroma besitzen. Die Hervorragungen vergrössern sich und zeigen in dem nächsten genauer untersuchten Stadium die rothen Zellen ihrer Oberfläche vergrössert und vermehrt, miteinander die Aussenwand des Peritheciums bildend, welcher innen die zartzellige Innenwand anliegt. Der von letzterer umschlossene Raum wird erfüllt von einem lockeren Geflechte dichotom oder büschelig verzweigter Fäden, die von allen Regionen der Innenwand entspringen, und wie Kugelradien convergirend, einander durchkreuzend und ihre Zweige verschränkend bis zu der ihrer Ursprungsstelle gegenüberstehenden Seite der Wand reichen. Die Lücken des Geflechtes werden von wasserheller Gallerte erfüllt. Im Scheitel des Peritheciums wächst von der Innenwand aus ein dichtes, kurzes Fadenbüschel nach aussen, um, wie bei Xylaria, die Aussenwand durchbohrend den kurzen Mündungscanal zu bilden. Zuletzt sprossen auch hier die Sporenschläuche aus den Zellen der Innenwand hervor und verdrängen die den Raum anfangs allein ausfüllenden Fäden.

Während in diesen Fällen die Perithecien ganz oder theilweise aus einer im Innern des Stromas stattfindenden Neubildung hervorgehen und ihr Nucleus von Anfang an aus einem gelatinösen, später mehr oder minder verschwindenden Fadengeflechte zusammengesetzt ist, erheben sich bei Sphaeria typhina P. die Perithecien als Prominenzen auf der Oberfläche des Stroma und sind von Anfang an mit dem offenen Mündungscanal versehen. Die anfangs enge Höhlung, in welche dieser nach unten endigt, erweitert sich mit dem Wachsthum des Peritheciums, und in sie sprossen von der Wand aus die Hymenialelemente. Nach einigen freilich lückenhaften Beobachtungen scheint den Perithecien von Claviceps der gleiche Entwickelungsgang eigen zu sein.

Eine vollständige Entwickelungsgeschichte von Perithecien, die nicht von einem Stroma getragen werden, liegt zur Zeit nicht vor, wenn man von Erysiphe, welche weiter unten besprochen werden soll, absieht.

Fig. 38. Xylaria polymorpha Fr. Kleines Stück des in Fig. 37 *C* abgebildeten Schnittes, 390mal vergr. *i* Innere Perithecienwand, *r* hyaline Zellen der Kernmitte. *h* Anfänge der Hymeniumbestandtheile aus den Zellen der Innenwand hervorsprossend. *h'* halberwachsene Asci.

Viele Pyrenomyceten haben ausser den durch die Sporenschläuche, welche sie erzeugen, ausgezeichneten Perithecien noch andere Conceptakeln, welche je nach den in ihnen entwickelten Fortpflanzungsorganen als Pyeniden und Spermogonien bezeichnet werden. Ueber die Entwickelung dieser Behälter ist noch nichts Genaueres bekannt. Ihre Wand zeigt im ausgebildeten Zustande wesentlich den gleichen Bau wie die der Perithecien; sie ist in einer Reihe von Fällen mit vielfach gewundenen Faltungen versehen, die Höhlung, welche sie umschliesst, daher entsprechend ausgebuchtet.

Durch die bis jetzt unbekannte Entwickelungsgeschichte wird entschieden werden müssen, ob die Fruchtkörper der Hysterineen hier oder bei den gymnocarpen aufzuführen sind.

Litteratur.

Tulasne, Selecta fungorum Carpologia. Tom. II.
Corda, Icones fung. Tom. II—V (einzelne Analysen von Perithecien u. Stromata).
Schmitz, Ueber d. Wachsth. der Sphaeria carpophila Pers. Linnaea Bd. 17 (1843), p. 456.
Bail, Mycolog. Studien. Nov. Act. Acad. Nat. Curios. Vol. 29 (1861). Misslungene Darstellung von Sphaer. typhina.
Sollmann, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie der Sphaeriaceen. Bot. Ztg. 1863, p. 193 u. 1864, Nr. 36, 37.
de Bary, Ueber die Entwickelung von Sphaeria typhina P. Flora 1863, p. 401.
A. Janowitsch, Ueber d. Entw. v. Nectria. Bot. Ztg. 1865, p. 149.

Zweite Abtheilung.

Fortpflanzungsorgane.

Man kennt gegenwärtig bei den Pilzen geschlechtslose und geschlechtliche Fortpflanzungsprocesse und bei einigen Copulationserscheinungen, welche sich den letzteren anschliessen.

Die Organe der Fortpflanzung sind in beiden Fällen einfache Zellen. Die der geschlechtlichen Zeugung dienenden sind zweckmässiger Weise mit den von Pringsheim (Jahrb. f. wiss. Bot. I) vorgeschlagenen Namen Oogonium, Oospore, Antheridium u. s. w. zu bezeichnen; sie werden weiter unten ihre ausführlichere Besprechung finden. Wie bei den übrigen Gewächsen kommt auch, soweit bekannt, bei den Pilzen jeder Species nur eine Form der geschlechtlichen Zeugung zu.

Für die geschlechtslosen Fortpflanzungszellen lässt sich zur Zeit eine auf sämmtliche Pilze gleichmässig anwendbare Terminologie kaum mit Sicherheit

begründen. Die neueren Forschungen haben gezeigt, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle einer und derselben Pilzspecies mehrere Arten ungeschlechtlicher Fortpflanzungsorgane eigen sind. Für eine Anzahl von Familien und Gattungen sind alle diese Organe und die Stellung, welche sie in dem Entwickelungsgange der Species einnehmen, hinreichend genau bekannt, um eine klare und einfache Bezeichnungsweise leicht durchführbar zu machen; für eine sehr grosse Zahl von Pilzen sind dagegen die Kenntnisse noch überaus lückenhaft, man weiss nicht in wie weit ihre verschiedenen Fortpflanzungsorgane denen der genau erforschten Gruppen entsprechen. Es kann sich daher zur Zeit nur um Feststellung einer provisorischen Terminologie handeln, und diese wird am sichersten stehen und am brauchbarsten sein, wenn sie sich theils an die für die nächstverwandten Thallophyten, die Algen, festgestellte, theils an den von Alters her überkommenen Sprachgebrauch anlehnt.

Von diesem Grundsatze ausgehend nenne ich im Folgenden jede einzelne geschlechtslose Fortpflanzungszelle, welche unter normalen Bedingungen in einen oder mehrere Pilzfäden auswächst, Spore. Die Verschiedenheiten der Sporen nach Entstehung, Function, Bau u. s. w. können dabei theils durch Compositionen wie Schwärmspore, Stylospore, Ectospore u. s. f., theils für besondere Fälle durch besondere Worte ausgedrückt werden, wie Conidium, Sporidium.

Die Zellen, von welchen die Sporen erzeugt werden, sind als Sporenmutterzellen, Sporangien und für besondere Fälle wiederum mit besonderen Namen, wie Ascus, Basidium u. s. w. zu bezeichnen.

Eine eingehendere Besprechung der verschiedenen Bezeichnungsweisen wird erst nach Betrachtung der Fortpflanzungsprocesse selbst am Platze sein.

Capitel 4.

Geschlechtslose Fortpflanzung.

I. Entwickelung der Sporenmutterzellen und Sporen.

Die Entstehung der Pilzsporen findet in dreierlei verschiedenen Formen statt, nämlich durch freie Zellbildung, durch Abschnürung, und durch eine der vegetativen gleiche oder ähnliche Zelltheilung oder wandständige Zellenbildung. Die Sporenmutterzellen werden herkömmlicher Weise für den ersten Fall mit den Namen Asci, Thecae, Sporenschläuche, für den zweiten als Basidien, für den dritten einfach als Sporenmutterzellen, Sporangia bezeichnet; daher die Benennungen Ascomyceten, thecaspore, basidiospore Pilze.

1. Sporenbildung in Ascis.

Fast alle Ascomyceten (Tuberaceen, Disco-Pyrenomyceten) sind mit einem zusammengesetzten Fruchtträger versehen, ihre Sporenschläuche in Mehrzahl (5—10 bei kleineren Pyrenomyceten), oder meist in grosser Menge zu Hymenien

vereinigt. Die Schläuche sitzen in diesen den Hyphen des sie tragenden Gewebes als Astzellen oder Endzellen von Aesten auf, einzeln (Tuberaceen) oder in Büscheln. Ihre Entstehung ist von der vegetativer Astzellen nicht wesentlich verschieden. Mit den Ascis entspringen von den hymeniumtragenden Hyphen in sehr vielen Fällen ein- oder mehrzellige, meistens, doch nicht immer, unverzweigte Haare, Paraphysen genannt, welche sich in gleicher Richtung wie die Asci auf die Hymenialfläche ordnen und meist in grosser Zahl zwischen jene eingeschoben sind. Zumal bei den typischen Discomyceten dürften diese Organe wohl kaum je fehlen. Sie treten hier in vielen Fällen (Peziza, Helvella) oder vielleicht immer früher auf als die Asci; letztere drängen sich erst nachträglich zwischen sie ein oder wachsen über sie hervor, so dass es zuletzt den Anschein hat, als sei das Hymenium aus Ascis allein, ohne Paraphysen gebildet (Morchella esculenta). Bei den Pyrenomyceten werden die Paraphysen häufig zwischen den Ascis gefunden; sie entstehen hier, wie die Darstellungen zeigen, mit den Ascis gleichzeitig und von denselben subhymenialen Trägern aus. Auf der anderen Seite fehlen sie aber bei vielen Arten und Gattungen ganz oder beinahe vollständig (z. B. Stictosphaeria Tul., Dothidea ribesia und andere Species, Polystigma; vgl. Tul. Carpol., auch bei Hysterium decipiens Dub., Hoffm. Icon. anal.) und es ist noch zu entscheiden, ob nicht bei den Pyrenomyceten zweierlei Dinge bisher als Paraphysen beschrieben worden sind, nämlich einerseits die Ueberbleibsel des transitorischen Gewebes, aus welchem der Kern vieler Perithecien (s. Seite 99, Fig. 38) in der Jugend allein besteht, und andererseits ächte Paraphysen, welche mit den Ascis aus der Innenwand des Peritheciums hervorsprossen.

Von Pilzen einfacheren Baues mit Sporenschläuchen ist Exoascus pruni zu nennen, bei dem, wie oben schon erwähnt wurde, jede Zelle des einschichtigen Fruchtlagers einen Ascus erzeugt und trägt, ohne Paraphysen; ferner die im 5ten Capitel genauer zu besprechenden Erysipheen; endlich Protomyces macrosporus, ein in Umbelliferen lebender Hyphomycet, bei welchem einzelne interstitielle Gliederzellen der Hyphen anschwellen und sich zu Ascis ausbilden.

Die Gestalt der Asci ist in den meisten Fällen schmal-keulenförmig, seltener breit-oval, oder gestielt-kugelig (Tuberaceen, Elaphomyces, Erysiphe, u. a.).

Abgesehen von den unten besonders zu besprechenden Eigenthümlichkeiten des Protomyces macrosporus entsteht der Ascus auf seinem Träger als eine zarte Zelle von der Form, welche ihm bei der Reife zukommt, wächst sofort, und oft schnell zu seiner definitiven Grösse heran, worauf wiederum unverzüglich die Sporenbildung beginnt (vgl. Fig. 39, 40).

Ueber die speciellen Vorgänge, welche während und vor der letzteren stattfinden, kennt man zur Zeit Folgendes.

1. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Ascomyceten werden in jedem Schlauche 8 Sporen simultan gebildet. Verfolgt man den Entwickelungsprocess genauer, so ist zunächst bei einer Anzahl von Pezizen (P. confluens P. [Fig. 39], P. pitya P.) der jugendliche Ascus mit feinkörnigem, einzelne Vacuolen umschliessendem Protoplasma erfüllt, in dessen Mitte, sobald der Schlauch etwa ein Drittel seiner definitiven Länge erreicht hat, ein Zellkern deutlich wird, in Form eines hellen, kugeligen Körpers, in welchem ein centraler, kleiner, stark licht-

brechender, runder Nucleolus liegt. Mit dem ferneren Wachsthum des Schlauches rückt das Protoplasma in das obere Ende desselben ein; in dem unteren, bis Dreiviertel der ganzen Länge betragenden Theile des Schlauches bleibt nur mehr wässerige Flüssigkeit und ein dünner, die Wand überziehender Protoplasmabeleg oder Primordialschlauch. Hat der Ascus sein Längenwachsthum vollendet, so wird der Anfang der Sporenbildung dadurch angezeigt, dass an der Stelle des ursprünglichen Zellkerns zwei kleinere auftreten. In einem ferneren Stadium findet man 4, dann 8 Kerne, immer von der gleichen Structur, aber um so



Fig. 39.

kleiner je höher ihre Zahl ist. Die 8 Kerne letzter Ordnung gruppiren sich in ziemlich gleiche Entfernung von einander: endlich ist jeder derselben von einer runden Protoplasmaportion umgeben, welche von dem übrigen durch grössere Durchsichtigkeit ausgezeichnet und durch eine sehr zarte Linie abgegrenzt ist. Diese Protoplasmaportionen sind die Anfänge der Sporen, sie entstehen alle gleichzeitig, erhalten bald feste Membranen und wachsen im Innern des Ascus etwa aufs Doppelte ihrer ursprünglichen Grösse heran. Das Protoplasma, welches sie zuerst umgibt, verschwindet während ihres Heranwachsens bei Pez. pitya rasch; es wird hier immer gleich dem in den Sporen enthaltenen durch Jod gelb gefärbt. Bei P. confluens zeigt das Protoplasma des Ascus vor der Sporenbildung die gleiche Jodreaction, und das nämliche gilt jederzeit von dem in den Sporen.

Dagegen nimmt nach Entstehung letzterer das Protoplasma die Eigenschaften einer Substanz an, für welche ich den Namen Epiplasma vorgeschlagen

Fig. 39. Peziza confluens P. *a* Kleines Fragment des Hymeniums, *p* Paraphyse, mit drei Ascis von dem subhymenialen Gewebe entspringend. *r*—*w* erwachsene Asci, Entwickelungsfolge nach den Buchstaben; in *r*—*u* Vermehrung der Zellkerne, in *v* Sporen angelegt, in *w* Sporen reif. *m* junge Asci. Vergr. 390.

habe und welche sich von dem gewöhnlichen Protoplasma durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen, eigenthümlich homogen-glänzendes Aussehen und besonders durch die rothbraune oder violettbraune Farbe auszeichnet, welche sie bei Einwirkung selbst sehr verdünnter Jodlösung annimmt.

Bei einer Anzahl anderer mit grossen Ascis versehener Arten [Peziza convexula, Acetabulum[1]), melaena, Helvella esculenta, elastica, Morchella esculenta] tritt schon vor der Sporenbildung eine Sonderung des zuerst gleichförmigen Schlauchinhalts in Protoplasma und Epiplasma ein. Jenes sammelt sich zu einer in der Mitte des Schlauches liegenden Querzone (Pez. convexula) oder, in den meisten Fällen, zu einer das obere Drittel oder Viertel des Ascus füllenden Masse an; der übrige, zumal der untere Raum enthält nur Epiplasma, welches meist von zahlreichen Vacuolen verschiedener Grösse und Anordnung durchbrochen ist. Manchmal (Morchella, Pez. Acetabulum) wird auch das oberste Ende des Ascus, über dem Protoplasma, von einer Epiplasmaschichte eingenommen, jenes füllt gleichsam eine scharf umschriebene Höhlung in der Epiplasmamasse aus. Der Zellkern liegt immer in dem Protoplasma, central oder etwas excentrisch, die Sporenbildung findet gleichfalls in diesem Theile statt, und zwar jedenfalls im Wesentlichen auf die oben beschriebene Weise. Nur sind bei den genannten Arten meist bloss der primäre und dann die 8 Kerne vierter Ordnung, um welche die Sporenbildung unmittelbar erfolgt, gefunden worden, es ist ungewiss, ob die Bildung transitorischer secundärer und tertiärer Kerne übersprungen wird oder nur der Beobachtung entgangen ist.

Zahlreiche vereinzelte Beobachtungen haben zunächst für eine ziemliche Anzahl von Discomyceten mit 8 simultan entwickelten Sporen in einem Ascus das Vorhandensein des primären Zellkerns vor der Sporenbildung, das Auftreten der jungen Sporen in der oben beschriebenen Weise, und je nach den Arten das Stattfinden oder Unterbleiben einer Sonderung von Epiplasma und Protoplasma nachgewiesen. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dass der oben beschriebene Entwickelungsgang bei der genannten Ordnung (Peziza, Phacidium, Ascobolus, Leotia, Geoglossum) eine sehr allgemeine Verbreitung hat. Seine genaue Verfolgung wird häufig auch bei grossen Ascis (Leotia lubrica, Geoglossum hirsutum, Helvella u. s. w.) dadurch erschwert, dass zahlreiche grosse Oeltropfen in dem Protoplasma des jungen Schlauches und der Sporen suspendirt sind und dasselbe undurchsichtig machen. In anderen sehr zahlreichen Fällen lässt die Kleinheit der Asci und Sporen eine genaue Verfolgung des Vorganges nicht oder nur schwer zu; doch findet man auch hier bei einiger Aufmerksamkeit leicht den primären Kern, das simultane Erscheinen der 8 Sporen als zartumschriebene Protoplasmaportionen, und manchmal (Pez. Sclerotiorum, Fuckeliana) in jeder derselben einen Zellkern. Der primäre Kern erscheint bei den kleinen Ascis (z. B. Pez. tuberosa, Sclerotiorum, calycina, Phacidium Pinastri) in der Form, welche oben für den Nucleolus beschrieben wurde, d. h. als ein stark lichtbrechender, rundlicher, homogener oder in der Mitte hellerer und gleichsam ausgehöhlter Körper; der helle, durchscheinende, kugelige Raum in seinem Umkreise ist nicht oder nicht immer (Pez. Fuckeliana) zu beobachten.

---

1) Die in meiner Schrift über die Ascomyceten als Pez. sulcata? bezeichnete Form gehört zu P. Acetabulum.

In den Schläuchen der Pyrenomyceten mit 8 simultan entstehenden Sporen ist die Beobachtung der Sporenbildung weit schwieriger, als bei den Discomyceten, theils wegen der Kleinheit und Zartheit der Organe, theils wegen der in dem Protoplasma meist zahlreich vorhandenen Fetttröpfchen. Doch zeigt aufmerksame Beobachtung, dass die ganz jungen Sporen hier in derselben Weise auftreten, wie oben beschrieben wurde, nur dass ich einen Zellkern in denselben nie wahrnehmen konnte. Die gegentheiligen Angaben, welche in dieser Beziehung neuerdings von Sollmann gemacht worden sind, beruhen unzweifelhaft auf einem Uebersehen der ersten, zarten Anlagen der Sporen und einer Verwechselung von Fetttröpfchen mit Zellkernen. Der primäre Kern ist dagegen vor der Sporenbildung in vielen Fällen deutlich vorhanden. Er hat die Beschaffenheit, welche soeben für Pez. calycina und tuberosa beschrieben worden ist, und liegt stets an der gleichen Stelle, etwas über der Mitte des Ascus. Ausser bei Xylaria polymorpha, wo ich ihn schon früher fand, wurde er von Janowitsch und mir gesehen bei Nectria, Sphaeria obducens, Cucurbitaria Laburni, Pleospora herbarum, Sordaria fimiseda deNot u. a. Der Inhalt der Pyrenomycetenschläuche zeigt in den meisten untersuchten Fällen nur die gelbe Jodfärbung des Protoplasma; bei Sphaeria obducens tritt jedoch mit oder schon vor der Sporenbildung, bei Pleospora herbarum, Sordaria fimiseda, Sphaeria Scirpi jedenfalls nachher, exquisite Epiplasmareaction ein. Alle diese Thatsachen lassen kaum einen Zweifel daran, dass die Entwickelung der 8sporigen Asci bei den Pyrenomyceten mit den Discomyceten im Wesentlichen übereinstimmt und dass fernere Beobachtungen hierfür den directen Nachweis liefern werden.

Die 8sporigen Schläuche von Erysiphe Cichoracearum zeigen in der Jugend einen grossen Zellkern; in einem späteren Stadium ist dieser verschwunden; die simultan auftretenden Sporen haben sehr deutliche centrale Kerne und sind einer glänzenden Epiplasmamasse eingebettet.

Bei dem ebenfalls hier anzuführenden Exoascus Pruni fand ich zu keiner Zeit weder in den Schläuchen noch den Sporen Zellkerne: im Uebrigen schliesst sich seine Sporenentwickelung vollkommen den epiplasmafreien Discomyceten an.

Die Zahl der in den typisch 8sporigen Schläuchen angelegten Sporen ist höchst beständig, Ueberschreitungen derselben, wie z. B. 9 Sporen in Cryptospora Tul., Exoascus, und 13 normal entwickelte in einem einzelnen Schlauche von Peziza melaena verhältnissmässig selten. Häufiger kommt, wenigstens bei Pyrenomyceten, der Fall vor, dass von den 8 angelegten Sporen einzelne unentwickelt bleiben; die Fälle, in welchen man weniger als 8 Sporen bei typisch 8sporigen Arten findet, mögen wohl meistens hierin ihren Grund haben. Der Abort einzelner Sporen gehört übrigens fast immer zu den sogenannten zufälligen Erscheinungen.

2. Eine Anzahl Erysiphe-Arten, Pyrenomyceten, Hysterineen, enthalten in ihren Ascis typisch zwei (Erysiphe guttata), vier (Erysiphe, Aglaospora profusa), sechzehn (Ascobolus sexdecimsporus Crouan, Ann. sc. nat. 1858, Hypocrea rufa P., gelatinosa Tode, citrina Tode, lenta Tode u. a. nach Currey, Linn. Transactions, Vol. 22) Sporen, oder eine Anzahl, welche weit höher als 8 und nicht scharf bestimmt ist, 40, 50 und mehr (z. B. Diatrype quercina, verrucaeformis, Calosphaeria verrucosa Tul., Tympanis conspersa Fr., saligna

Tode u. a.). Andere zeigen häufige Schwankungen zwischen 2 und 4 (Dothidea Sambuci Fr.), 4 und 6 (Erysiphe) u. s. w. Die Sporen erscheinen bei den hier in Rede stehenden Formen, soviel bekannt ist, simultan und in der nämlichen Weise wie bei den typisch 8sporigen. (Vgl. Sollmann, Bot. Zeitung 1862, Taf. XII, Fig. 3—5), die nächsten Gattungsverwandten jener sind häufig (Erysiphe, Diatrype, Aglaospora, Calosphaeria) mit 8sporigen Asci versehen und bei Valsa ambiens, salicina, nivea kommen Perithecien mit nur 4sporigen, andere mit nur 8sporigen und solche mit beiderlei Arten von Ascis vor. Es darf nach diesen Daten wohl angenommen werden, dass die Sporenanlage in den erwähnten Fällen ebenso wie es oben beschrieben wurde geschieht. Zu untersuchen wäre, ob etwa in gewissen Fällen eine geringere Zahl als 8 durch typisches Abortiren einer Anzahl der Anlage nach vorhandener Sporen zu Stande kommt.

3. Die Sporenbildung in den Ascis von Tuber und Elaphomyces, denen sich die Mehrzahl der Tuberaceen anschliessen werden, ist von der beschriebenen dadurch verschieden, dass die Sporen in jedem Ascus ungleichzeitig und bei jeder Species in unbeständiger Zahl gebildet werden, und dass Zellkerne bei derselben nicht beobachtet worden sind. Nach einer langen Reihe von Untersuchungen von Turpin, Corda, Tulasne, Schacht, Kützing, Hofmeister und mir sind die Asci von Tuber in frühester Jugend von körnigem Protoplasma gleichmässig erfüllt; ältere, halberwachsene enthalten eine dichte, glänzende Substanz, in welcher zahlreiche, schwach lichtbrechende, blasige Hohlräume eingeschlossen sind; Jod färbt diesen Inhalt braungelb. Erwachsene Schläuche (Fig. 40) enthalten einen dicken Wandbeleg aus homogenem, stark lichtbrechendem und durch Jod braunroth werdendem Epiplasma, in welchem sich oft kleine Vacuolen befinden, und einen von diesem umschlossenen, excentrischen, meist genau kugeligen Hohlraum, der von schwach lichtbrechendem, feinkörnigem, durch Jod gelb werdendem Protoplasma angefüllt ist. Der Protoplasmaraum ist zuletzt sehr scharf umschrieben, die ihn umgebende innerste

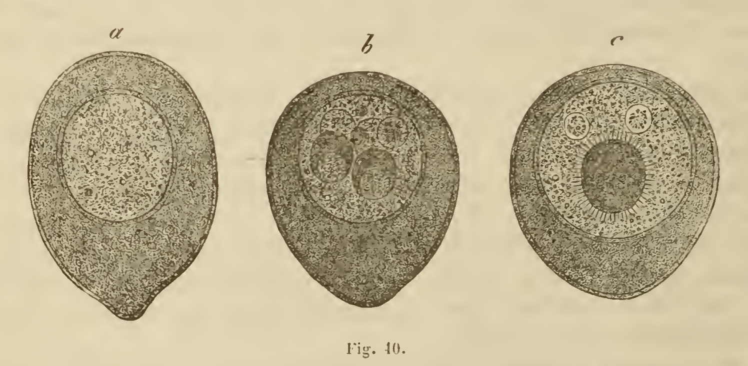


Fig. 40.

Schichte des Epiplasma offenbar dichter als dessen übrige Masse, manchmal doppelt contourirt, was Kützing und Schacht zu der irrigen Meinung veranlasste,

Fig. 40. Tuber brumale Vitt. Erwachsene Asci, freigelegt, 390fach vergr.
a Protoplasmaraum von dem Epiplasma gesondert.
b In ersterem 6 oder 7 junge, ungleiche Sporen.
c Eine halbreife und 2 ganz jugendliche Sporen angelegt.

der Protoplasmaraum sei eine von besonderer Membran umgebene in den Ascus eingeschachtelte Tochterzelle. Die Sporenbildung erfolgt in dem Protoplasmaraume; als erste Andeutung derselben sieht man in letzterem eine bis drei $^1/_{300}$ Mm. bis $^1/_{150}$ Mm. grosse runde Zellchen auftreten, welche überaus zart umschrieben und von dem umgebenden Protoplasma durch etwas geringere Durchsichtigkeit ausgezeichnet sind. Die junge Spore nimmt nun zunächst an Grösse beträchtlich zu, erhält schärferen Umriss und allmählich derbe Membran. Während der Ausbildung der erstentstandenen treten häufig Anfänge neuer Sporen auf; bei den Arten mit typisch vier- bis sechssporigen reifen Schläuchen, z. B. Tuber brumale, finden sich nicht selten die jüngsten Anfänge der Sporen neben schon beträchtlich vergrösserten in einem Ascus, und niemals sind alle Sporen eines mehrsporigen Schlauches auf gleicher jugendlicher Entwickelungsstufe; erst gegen die Reife hin werden die früher entstandenen von den jüngeren eingeholt.

Aus diesen Erscheinungen erklärt sich, warum die Zahl der in einem Schlauche enthaltenen Sporen bei allen Trüffelarten grossen Schwankungen unterworfen ist, bei T. brumale, aestivum, melanospermum z. B. in der Regel 4 bis 6, daneben aber auch oft nur 1 bis 3 gefunden werden. Allerdings scheint hierzu noch der fernere Umstand beizutragen, dass von den angelegten Sporen oft eine oder mehrere unausgebildet zu Grunde gehen.

Hie und da kommen zwischen den beschriebenen, als normal zu bezeichnenden Ascis solche vor, welche statt eines grossen, kugeligen Protoplasmaraumes mehrere kleinere enthalten. Die Anlagen der Sporen sind alsdann in diese vertheilt, sonst die Erscheinungen die gleichen wie bei den normal gestalteten.

Die Asci von Elaphomyces granulatus enthalten vor der Anlegung der Sporen sehr durchsichtiges, manchmal ganz wasserhelles, durch Jod gelb werdendes Protoplasma, welches um eine oder wenige grosse Vacuolen eine dünne wandständige Schichte bildet. Epiplasma ist zu keiner Zeit vorhanden. In der Protoplasmaschichte treten die Anfänge der 1 bis 8 (in der Regel 6) Sporen auf, welche dem reifen Ascus zukommen, in Form höchst zarter, eine grosse Vacuole umschliessender Bläschen, successive wie bei Tuber und erst bei der weiteren Ausbildung einander einholend. —

In den meisten Ascis, zumal der Discomyceten, nimmt das Protoplasma und Epiplasma, welches die neuentstandenen Sporen ursprünglich umgibt, in dem Maasse ab, als letztere sich ausbilden. An die Stelle beider Substanzen tritt wässerige Flüssigkeit, und diese erfüllt zuletzt den Raum des Ascus fast ausschliesslich, die reifen Sporen sind in ihr entweder regellos oder in eine bis zwei Reihen geordnet, suspendirt, bei länger gestreckten Ascis meistens in dem oberen Theile (Fig. 39, *w*). Von den protoplasmatischen Substanzen bleibt in dem reifen Ascus nur — aber auch ausnahmlos — der dünne, die Membran auskleidende körnige Wandbeleg zurück, welcher oben als Primordialschlauch bezeichnet wurde. Es kann im Allgemeinen wohl keinem Zweifel unterliegen, dass das Verschwinden des Protoplasma und Epiplasma zu Gunsten der heranwachsenden Sporen geschieht. Ob beide Substanzen das Material zur Ernährung letzterer liefern oder ob das Epiplasma hierzu vielleicht nichts beiträgt, muss nach den vorliegenden Beobachtungen dahingestellt bleiben. Für die

naheliegende und durch Kützing für Tuber geäusserte Vermuthung, dass die protoplasmatischen Substanzen zur Bildung der Sporenmembranen dadurch beitragen, dass sie sich auf den jungen Sporen gleichsam niederschlagen und erhärten, liegt gegenwärtig kein Grund vor; doch dürfte die Sache, zumal bei Ascobolus, noch genauer zu untersuchen sein.

Bei Ascobolus Kerverni fanden die Brüder Crouan (Ann. sc. nat. 4e Sér. X (1858) p. 194; vgl. auch Coemans, Spicil. mycol. I, p. 14) die 8 Sporen zur Zeit der Reife miteinander in einen hyalinen, frei in der Flüssigkeit des Ascus schwebenden Sack eingeschlossen. Welcher Natur und Herkunft dieser ist, muss vorläufig dahingestellt bleiben.

Wie oben schon angedeutet wurde bleibt bei Erysiphe der ganze Ascus zu allen Zeiten von Protoplasma (oder Epiplasma) erfüllt und die Sporen diesem eingebettet. Desgleichen bleibt auch bei vielen Sphaeriaceen (ob vielleicht bei allen ist näher zu prüfen), z. B. Sphaeria Scirpi, Pleospora herbarum, Cucurbitaria Laburni, Sordaria fimiseda, auch in dem reifen Ascus eine reichliche, vacuolenhaltige Epi- oder Protoplasmamenge um die Sporen zurück.

Die Membran des Ascus tritt zur Zeit der Reife am deutlichsten hervor; sie wird darum erst hier besprochen. Sie ist in allen Fällen eine farblose durchsichtige Haut von zäher und dehnbarer oder, zumal bei vielen Pyrenomyceten, gallertartig weicher Beschaffenheit, in letzterem Falle im Wasser mehr oder minder aufquellend. Gegen Reagentien zeigt sie meistens das Verhalten gewöhnlicher Pilzcellulose oder Gallertmembranen. Es ist jedoch gegenwärtig eine ganze Reihe von Fällen bekannt, in welchen die Ascusmembran, ähnlich der der meisten Lichenen, durch wässerige Jodlösung ganz oder theilweise blau gefärbt wird. Zuerst wurde dies von Nylander (Ann. sc. nat. Ser. 4 Tom. 3, 1855 und Syn. Lichen. p. 3) bei Sphaeria Desmazierii Berk. und Xylaria pedunculata Dicks gefunden, für letztere nachher durch Tulasne bestätigt. Die Bläuung tritt hier in dem gallertig verdickten oberen Ende des Ascus ein. Sodann ist hier wohl Currey's Amylocarpus zu nennen (vgl. Ann. sc. nat. Ser. 4, X, 1858), bei welchem fast alle Zellmembranen durch Jod blau werden. Bei Peziza vesiculosa (H. Hoffmann Bot. Ztg. 1856), tuberosa, Sclerotiorum, Fuckeliana tritt besagte Jodfärbung an dem verdickten oberen Ende ein, bei P. convexula, cupularis färbt sich die ganze Membran sowohl erwachsener als sehr junger Schläuche, die Spitze ersterer am intensivsten. Nahe verwandte Arten, z. B. Pez. confluens (auch P. pitya, melaena, coccinea, calycina u. s. w.) zeigen keine Bläuung. Nach Coemans werden die Asci von Ascobolus immersus P., glaber P., carneus P., Pelletieri Cr., cinereus Cr. durch Jod blau. Bei Asc. furfuraceus, den ich näher untersucht habe, kann ich dieses für die Membran der jungen Asci bestätigen. Bei völlig erwachsenen wird die Membran nicht blau; dagegen tritt auf Jodzusatz sofort schön blauviolette Färbung ein in der die Sporen umgebenden Flüssigkeit oder an zahlreichen Körnern oder Klümpchen, welche in dem die jungen Sporen umgebenden Protoplasma suspendirt sind, und an der Membran der letzteren selbst, sobald sie der Reife nahe stehen.

Was die Structur der Membran anlangt, so ist diese in vielen Fällen durchaus einfach, ungeschichtet, mehr oder minder dick, je nach Grösse und Specieseigenthümlichkeit. Selbst bei vielen grossen Discomycetenschläuchen (z. B. Peziza pitya, melaena, Acetabulum, Morchella esculenta) ist eine Schich-

tung an dem intacten Schlauche optisch nicht nachweisbar. Zerschneidet man diesen aber unter Wasser, so tritt an dem Rande der Stücke eine Krümmung ein, bei welcher die Innenfläche convex wird, was eine Sonderung anzeigt in eine äussere und eine innere Schichte von verschiedener Quellbarkeit oder Elasticität.

Andere grössere Asci (z. B. Elaphomyces) lassen in ihrer derben Membran ringsum gleichförmige Schichtung erkennen. Der bemerkenswertheste hierher gehörende Fall ist der von Pringsheim für Sphaeria scirpi genau beschriebene, welcher, wie aus Tulasne's, Currey's (Microsc. Journ. Vol. IV, p. 198) und Sollmanns Mittheilungen hervorgeht, unter den Sphaeriaceen sehr verbreitet ist (Beispiele Sph. scirpi, Sph. Lemaneae Cohn, Sph. obducens Schm., Cucurbitar. Laburni, Pleosporae Species). Die Membran des Schlauches besteht hier aus einer dünneren, wenig quellbaren äusseren Schichte und einer inneren gallertartig weichen, welche in Wasser ungemein stark aufquillt. Wird ein reifer Ascus in Wasser gebracht, so dehnt sich die innere und tritt aus der berstenden äusseren hervor, als ein Sack, dessen Länge die ursprüngliche um mehr als das Doppelte übertrifft, wie unten bei der Sporenentleerung ausführlicher beschrieben werden wird. In dem intacten Ascus ist die Innenschicht im Vergleich zu dem Lumen dünn, sie scheint fest zusammengepresst zu sein zwischen der festen, wenig dehnbaren Aussenschicht und dem mit Inhaltsflüssigkeit strotzend angefüllten Primordialschlauche. Sobald der Druck, unter welchem sie steht, durch Verletzung des Ascus aufgehoben wird, quillt sie gegen die Längsachse des letzteren hin dergestalt auf, dass das Lumen zu einem schmalen Canal verengt und der Inhalt, seien es Sporen oder Protoplasma, aus der Verletzungsstelle ausgetrieben wird. Dies findet sowohl bei erwachsenen, der Reife nahen, als jungen, kaum halbwüchsigen Ascis statt, bei beiden ist die Membran im unverletzten Zustande gleich dünn im Vergleich zu dem weiten Innenraum. Die Asci, welche Hoffmann (Icon. anal. Heft III) bei Sphaeria obducens als junge beschreibt, sind jedenfalls verletzte, und seine Ansicht, dass die Membran des Schlauches in dem Maasse an Dicke abnehme als die Sporen heranwachsen, und daher zur Ausbildung der letzteren das Material liefere, entbehrt wenigstens für die genannte Sphaeria (sein Hysterium decipiens konnte ich nicht untersuchen) der Begründung. Berkeley hat schon 1838 (Magaz. of Zoology and Bot. Vol. II, p. 222: On the existence of a second membrane in the Asci of fungi) solche Schläuche mit dicker, quellbarer Wand gekannt; was er aber als second membrane beschreibt ist unzweifelhaft nichts anderes als der Primordialschlauch.

Bei zahlreichen Pyrenomyceten und Discomyceten ist die Membran im Scheitel des Ascus stärker verdickt, als im übrigen, und dabei mit einem longitudinalen, aussen geschlossenen Porencanal versehen. Das exquisiteste Beispiel hierfür liefern die oft beschriebenen Schläuche von Cordyceps, Claviceps, Sphaeria typhina, deren Membran sonst überall sehr zart und dünn, am Ende aber zu einer unregelmässig cylindrischen, von einem sehr engen Porencanal durchzogenen Masse angeschwollen ist, welche fast so dick als der Schlauch breit und diesem wie ein Pfropf aufgesetzt ist. Bei einer Anzahl Pezizen, z. B. P. Sclerotiorum und Verwandten, ist die Membran am Ende des Schlauches zweischichtig und mehr als doppelt so dick als an den Seiten. Die innere Schicht ist

von einem breiten Porencanal durchbrochen, welcher aber von einer gallertigen Masse, die durch Jod dunkler blau wird als ihre Umgebung, ausgefüllt wird. Weitere Einzelheiten hier anzuführen ist umsoweniger thunlich, als es noch vielfach an genauen histiologischen Untersuchungen über die in Rede stehenden Verhältnisse fehlt. Die Structurverhältnisse der Schlauchmembran, welche in directer Beziehung zur Entleerung der Sporen stehen, werden mit dieser besprochen werden.

Wie schon angedeutet wurde weichen die Asci des Protomyces macrosporus von allen anderen in mehrfacher Beziehung ab. Sie entstehen an den zarten, nicht zu Fruchtkörpern vereinigten Hyphen, indem einzelne interstitielle Gliederzellen zu meist breit ovalen, etwa $\frac{1}{20}$ Mm. grossen Schläuchen anschwellen. Ihre zuerst dünne Membran verdickt sich beträchtlich und besteht zuletzt aus drei Hauptschichten, Innen-, Mittel- und Aussenhaut, von denen die letztere wiederum reiche Schichtung und unter Einwirkung von Jod und Schwefelsäure intensive Blaufärbung zeigt. Ihr Inhalt erhält allmählich die Beschaffenheit einer bräunlichgelben, dicht- und grobkörnigen Masse, die aus einer geringen Menge von Protoplosma, hauptsächlich aus groben Fettkörnern besteht. Ein Zellkern ist zu keiner Zeit beobachtet worden. In dem beschriebenen Zustande bleiben die Asci, während die Hyphen des Pilzes und die krautigen Organe der Umbelliferen, in denen er sich entwickelt, absterben, unverändert den Winter über; ihre weitere Ausbildung geschieht im Frühling nach ihrer Entstehung. Unter dem Einfluss von Wasser beginnt jetzt das Fett vom Umfang nach der Mitte hin aufgelöst und durch feinkörniges Protoplasma ersetzt zu werden. Ist dieser Process vollendet, so dehnt sich die Innenhaut mit ihrem

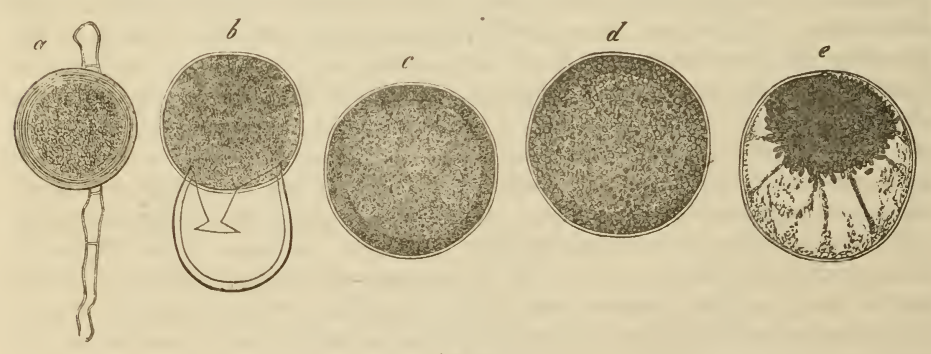


Fig. 41.

Inhalt, sprengt die äusseren Schichten und tritt ins Freie, in Form einer kugeligen, eine Zeit lang noch an Grösse zunehmenden Blase. Das Protoplasma, welches Anfangs in der Mitte dieser vorzugsweise angehäuft war, ordnet sich allmählig zu einer wandständigen, eine grosse centrale Vacuole umgebenden Schichte, und in dieser entstehen endlich simultan Hunderte von stab-

Fig. 41. Protomyces macrosporus Unger. 390fach vergr. *a* reifer Ascus, mit den Resten der ihn tragenden Hyphe. *b* Innenzelle aus der aufgerissenen Aussenhaut ausgeschlüpft. *c—e* Weiterentwickelung der Innenzelle, in *d* Sporen gebildet, in *e* zusammengeballt.

förmigen, $^1/_{450}$ Mm. langen Sporen. Diese rücken nun mit dem sie umgebenden zu ihrer Bildung nicht verbrauchten Protoplasma zu einem dichten, runden, an der einen Seite der Ascuswand anliegenden Ballen zusammen, das Protoplasma verschwindet rasch, zuletzt ist der Sporenballen innerhalb der vom Primordialschlauch bekleideten Membran in wässeriger Flüssigkeit suspendirt. (Fig. 41).

2. Sporenabschnürung. Basidien.

Bei der Sporenbildung durch Abschnürung gliedert sich das Ende der Mutterzelle oder der Fortsätze und Ausstülpungen, welche sie treibt, als Tochterzellen ab, um sich zur Spore zu entwickeln und zuletzt spontan loszulösen. Bis zur Lostrennung erscheinen die Sporen der Mutterzelle als einem Träger, einer Basis aufgesetzt, daher die Bezeichnung Basidie (Léveillé), Sporenträger (Sporophores), Stützschläuche, Asci suffultorii (Corda) und die Benennungen gipfelständige, acrogene Sporenbildung, Acrosporen, Ectosporen. Die Sporenabschnürung ist eine ächte Zellentheilung, von anderen Theilungsvorgängen nur der Form nach ausgezeichnet, die Basidie ist nach vollendeter Abgliederung streng genommen die Schwesterzelle der Sporen, welche die Gestalt, Grösse und Stellung der Mutterzelle beibehält, nicht aber die Mutterzelle selbst, wenn es gleich der Anschaulichkeit und Einfachheit halber zweckmässig ist, sie mit letzterem Namen immer zu bezeichnen.

Es ist gleich hier zu erwähnen, dass in manchen Fällen (z. B. Cystopus, Peronospora) Sporangien, Sporenmutterzellen auf Basidien abgeschnürt werden, auf die nämliche Weise wie in der Regel Sporen.

Nach der Art der Sporenbildung hat man zu unterscheiden zwischen solchen Basidien, welche an einem oder an mehreren Punkten gleichzeitig die Sporen abschnüren, und dann keine weiteren; und anderen, bei welchen an einem Punkte mehrere bis viele Abschnürungen, eine nach der anderen, erfolgen. Jene mögen simultan abschnürende (das Wort monospore, einsporige passt nur auf wenige), letztere succedan abschnürende oder kurz succedane Basidien genannt werden.



Fig. 42.

Für die simultane Abschnürung sind die Basidien sämmtlicher Hymenomyceten und Gastromyceten das wichtigste und daher in erster Linie zu betrachtende Beispiel.

Wie in dem vorigen Capitel beschrieben wurde, stehen bei diesen Pilzen die Basidien senkrecht und in grosser Zahl bei einander in der Hymenialschichte, oder sie füllen bei manchen Gastromyceten die Kammern der Gleba grösstentheils aus. Sie sind ursprünglich immer Endzellen der Hyphenzweige des subhymenialen Gewebes (Fig. 42); diese sind in der Regel reich büschelig verästelt, die Basidien auf ihnen daher gleichfalls

Fig. 42. Hypochnus centrifugus Tul. *b*, *b*, jugendliche Basidien, als Endzellen von einer büschelig verästelten Hyphe entspringend; bei *x* Hförmige Anastomose. Vergr. 390.

büschelig angeordnet, die eines Büschels meist von verschiedenem Alter und Entwickelungsgrad. Bei den Pilzen, welche stets fädige Structur behalten, ist diese Anordnung stets aufzufinden, wenngleich oft wegen dichter Verflechtung und Zartheit der subhymenialen Elemente mit einiger Mühe. Wo, wie bei Amanita, Russula, Coprinus (Fig. 43) auch das subhymeniale Gewebe zuletzt pseudoparenchymatische Structur annimmt, erscheinen die Basidien im ausgebildeten Hymenium einzeln oder zu einigen, den isodiametrischen Zellen der subhymenialen Schicht aufgesetzt. Von den in das Hymenium verlaufenden

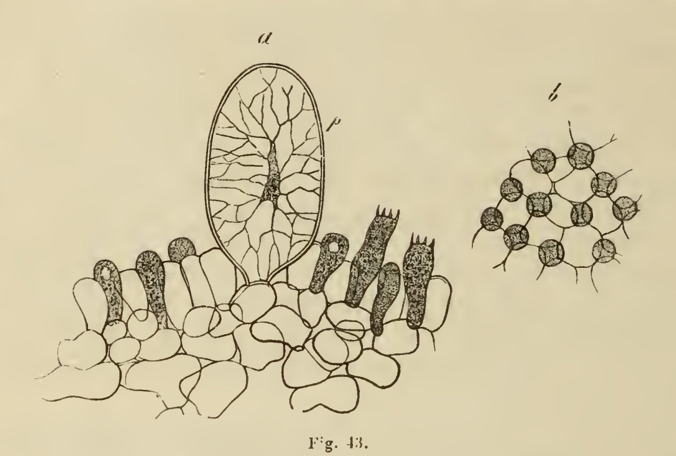


Fig. 43.

Endzweigen der fruchttragenden Hyphen ist oder trägt in vielen Fällen nur ein Theil Basidien. Eine oft beträchtliche Anzahl derselben bleibt unfruchtbar und umgibt die Basidien ähnlich den Paraphysen der Ascomyceten, mit welchen sie auch den gleichen Namen führen können. Sie sind entweder gleich letzteren schmale, meist mehrzellige, von den Basidien auch der Gestalt nach sehr verschiedene Haare (z. B. Tremellinen), oder ihre Form und Grösse ist denen der Basidien ähnlich, sie unterscheiden sich von diesen nur durch ihre constante Sterilität, ihren spärlichen Protoplasmainhalt und oft dadurch, dass sie durch Querwände in mehrere Zellen getheilt sind (Geaster hygrometricus, Octaviania (Fig. 44), Hymenogaster. Bei Coprinus (Fig. 43) sind diese Organe kurze und unregelmässig prismatische, wasserhelle Zellen, welche wie Pflastersteine den grössten Theil der Hymenialfläche bedecken, und zwischen welchen sich, in ziemlich weiten Abständen von einander, die Basidien nach aussen drängen. Besondere Erwähnung verdient das schüsselförmig gestaltete Hymenium von Corticium amorphum Fr., weil bei ihm die lang keulenförmigen Basidien in relativ geringer Zahl zwischen sehr zahlreichen, fadenförmigen, verzweigten und oft rosenkranzförmig eingeschnürten Paraphysen stehen, und weil es daher auf den ersten Blick weit weniger dem Fruchtlager eines Hymenomyceten, als vielmehr dem einer kleinen Peziza gleicht. Beispiele für das beständige Vorkommen

Fig. 43. Coprinus micaceus Fr. *a* dünner Längsschnitt durch die Oberfläche einer Lamelle. Die durch trüb-körnigen Inhalt ausgezeichneten Basidien zwischen wasserhellen blasigen Paraphysen von den subhymenialen Zellen entspringend. *p* Cystide. — *b* Oberflächenansicht des Hymeniums. Vergr 390.

zahlreicher Paraphysen zwischen den Basidien sind ausser den erwähnten noch die Genera Stereum Fr., Corticium Fr. Es ist wahrscheinlich und bei ferneren Untersuchungen zu beachten, dass die gennanten accessorischen Organe unter den in Rede stehenden Pilzen vielleicht verbreiteter, als gewöhnlich angegeben wird, aber da, wo sie den Basidien in Gestalt und Grösse gleichen, übersehen worden sind. Bei Coprinus sind sie längst bekannt; bei den Hymenomyceten überhaupt scheint sie Léveillé in seiner grundlegenden Arbeit als tissu hyménial von den Basidien zu unterscheiden; Montagne (Esq. org. et phys.) erwähnt und beschreibt sie sehr bestimmt als Paraphysen; allein in neuerer Zeit scheint man sie vielfach für noch unentwickelte Basidien gehalten oder mit solchen verwechselt zu haben.

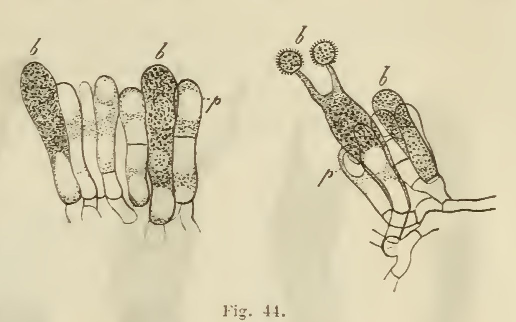


Fig. 44.

Die Basidie selbst ist eine Anfangs cylindrische (Calocera, Dacrymyces) oder in den allermeisten Fällen kurz keulenförmige Zelle, bei Corticium amorphum gestreckt keulenförmig und enorm (bis $^1/_4$ Mm. lang), ihr Scheitel zunächst immer abgerundet.

Ihre meist zarte, farblose Membran zeigt zu keiner Zeit bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten. Sie enthält mehr oder minder körniges, selten gefärbtes Protoplasma, welches entweder den ganzen Raum der Zelle gleichmässig erfüllt, oder von Vacuolen, die manchmal regelmässige Anordnung zeigen, unterbrochen ist. In den Basidien einiger Pilze ist ein Zellkern enthalten, welcher dem für die Asci beschriebenen in jeder Beziehung ähnlich ist. Er wurde in dem hiesigen botanischen Laboratorium zuerst von J. Walz bei Dacrymyces deliquescens gefunden, wo er in ganz jungen Basidien nicht erkennbar, in entwickelteren dagegen in der für Peziza confluens beschriebenen Form etwas unterhalb der Mitte constant vorhanden ist. Ferner fand ich ihn bei Corticium amorphum und Hypochnus Spec. (»Thelephora calcea« auct. vet.). Bei anderen Arten (Hymenogaster Klotzschii, Coprinus) konnte ich ihn bis jetzt nicht finden, doch ist kaum zu bezweifeln, dass er sich allgemeiner nachweisen lassen wird.

Zum Behufe der Sporenbildung (Fig. 45) treibt der Scheitel der Basidie meist zwei oder mehr Ausstülpungen, welche in der Regel die Gestalt aufrechter, pfriemenförmiger Stiele, Sterigmen annehmen. Wenn diese ihre definitive Länge erreicht haben, schwillt ihre Spitze an zu einer Blase, welche allmählich die Gestalt und Grösse der fertigen Spore erhält. In dem Maasse als dies fortschreitet rückt das Protoplasma aus der Basidie in die Anschwellungen hinauf, jene wird von unten nach oben mehr und mehr entleert und enthält, nachdem die Sporen ihr Wachsthum vollendet haben, nur mehr spärliche Protoplasma-

Fig. 44. Octaviania carnea Corda. Dünne Schnitte durch das Hymenium, 390fach vergr. *b*, *b* Basidien, zwischen zahlreichen Paraphysen (*p*) stehend.

überbleibsel und Fettkörner. Von dem Beginn der Sterigmenbildung an fand ich den Zellkern in den Basidien der oben genannten Arten nicht mehr, er scheint zu verschwinden. In den jungen und frisch gereiften Sporen vieler

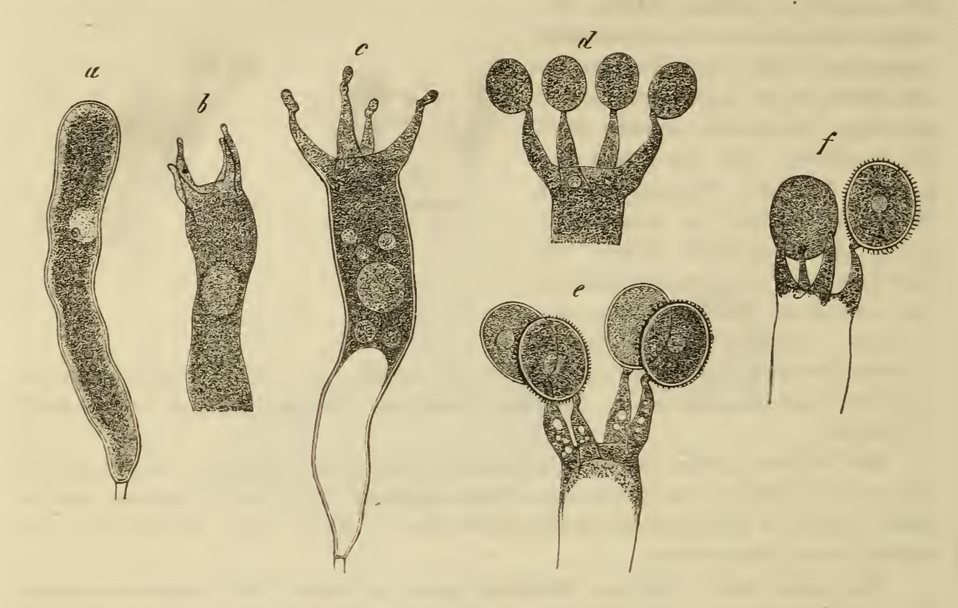


Fig. 45.

Arten unterscheidet man einen centralen, hellen Kreis; ob derselbe von einem Kern herrührt, lasse ich dahingestellt. Zuletzt, nachdem die Sporenanlagen ihre volle Grösse erreicht und ihre Membranen nahezu vollständig ausgebildet und verdickt haben, grenzt sich die Spore durch eine Querwand von der Basidie ab, letztere geht allmählig zu Grunde, manchmal (z. B. Dacrymyces deliquescens) nachdem sie sich noch an bestimmten Stellen durch Querwände getheilt hat. Die Abgliederungsstelle der Sporen liegt meistens ein kurzes Stück unterhalb des Insertionspunktes der Anschwellung, sie wird bei sehr vielen Hymenomyceten durch eine leichte Knickung des Sterigma nach aussen von Anfang an bezeichnet. Die Spore ist daher zur Zeit der Reife an ihrem Anheftungspunkte mit einem kurzen Stielchen versehen. Bei Bovista und einigen Lycoperdon-Arten geschieht die Abgliederung im unteren Theile des Sterigma, die Basis der Spore ist daher in einen langen stielartigen Anhang ausgezogen. Bei einer Anzahl von Genera (Geaster hygrometricus, Polysaccum, Scleroderma, Phalloideen) sind die Sterigmen ganz kurz oder gar nicht entwickelt, im Uebrigen die Sporenbildung gleich der beschriebenen; die Sporen sitzen daher unmittelbar auf dem gewölbten Scheitel der Basidie. Eine ganz eigene Form haben die Basidien von Geaster tunicatus (Tulasne, fung. hyp.

Fig. 45. Corticium amorphum Fr. Sporenbildung. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben *a*—*f*. *a* fast erwachsene Basidie mit Zellkern. *f* Abgliederung einer reifen Spore; zwei der auf dieser Basidie gebildeten sind schon abgefallen. Vergr. 390.

Tab. XXI, fig. IX). Sie sind oval-keulenförmige Blasen, deren Scheitel in einen cylindrisch kegelförmigen, schmalen Hals auswächst; das obere Ende des letzteren treibt dann etwa sechs strahlig divergirende, sporenabschnürende Sterigmen. Die Zahl der Sterigmen und Sporen auf einem Basidium ist bei der überwiegenden Mehrzahl der basidiosporen Schwämme vier, bei anderen (z. B. Calocera, Dacrymyces, Arten von Hymenogaster, Octaviania [Fig. 44]) typisch zwei, in noch anderen Fällen sechs bis neun, durchschnittlich etwa acht (Phalloideen, Rhizopogon, Geaster [Fig. 46] etc.). Schwankungen in der Zahl,



Fig. 46.

besonders zu niedereren Ziffern, sind übrigens äusserst häufig; bei den typisch viersporigen Arten wird man z. B. selten vergebens nach zwei- und dreisporigen Basidien suchen. Typisch einsporige Basidien scheinen, abgesehen von den unten zu nennenden Tremellinengattungen, bei Gastro- und Hymenomyceten nicht vorzukommen; als Ausnahmsfälle finden sie sich nicht selten bei typisch zweisporigen Arten, zumal Hymenogastreen (z. B. Hymenogaster Klotzschii).

Abgesehen von zufällig eintretenden, übrigens sehr seltenen Störungen, halten alle Sterigmen und Sporen einer Basidie in ihrer Entwickelung genau gleichen Schritt. Die Basidien eines und desselben Hymeniums dagegen fructificiren keineswegs gleichzeitig und es ist bekannt, dass man in nicht überalten Fruchtträgern immer ihre verschiedensten Entwickelungszustände neben einander finden kann. Diejenigen, welche gerade in der Sporenbildung begriffen sind, strecken sich derart, dass ihr Scheitel oder wenigstens (Tremellinen) ihre Sterigmen über die anderen Theile des Hymeniums hervorragen. In der ungleichzeitigen Ausbildung der Basidien, und nicht, wie Schmitz früher meinte, in der mehrmals wiederholten Sporenbildung auf jeder derselben hat es seinen Grund, dass man auf kräftigen Hymenien immer neue fructificirende Basidien hervortreten sieht, wenn man die reifen Sporen abgewischt hatte.

Wie Tulasne zuerst gezeigt hat, sind die Basidien von Exidia, Tremella (und Hydnum gelatinosum) durch ihre Entwickelung von allen anderen verschieden. Auf den Enden der zarten und dünnen subhymenialen Fäden finden sich zuerst zahlreiche, gleich Basidien angeordnete, protoplasmareiche Zellen (primäre Basidien) von kugeliger oder breit ovaler Gestalt. Diese theilen sich durch senkrechte Längswände in vier wie Kugelquadranten geordnete Tochterzellen, von denen jede eine einsporige Basidie ist. In der ursprünglichen Ver-

Fig. 46. Gastromycetenbasidien auf ihren subhymenialen Tragfäden. Vergr. 390.
a 8sporige von Geaster hygrometricus.
b 4sporige von Lycoperdon pyriforme.
c 4—8sporige von Phallus caninus.

einigung verbleibend oder von den übrigen drei sich loslösend, treibt eine jede aus ihrem oberen Ende ein langes Sterigma, dessen weiteres Verhalten den oben beschriebenen gleich ist. Die Zahl der aus einer Mutterzelle entstandenen Basidien ist ähnlichen Variationen unterworfen, wie die oben besprochenen Zahlenverhältnisse. Bei Hirneola Auricula Judae Berk. (Exidia Auctor.) ist die primäre Basidie lang cylindrisch, den Basidien von Dacrymyces und Calocera sehr ähnlich. Sie theilt sich durch Querwände in eine Reihe von vier oder fünf Tochterzellen, von denen jede ein pfriemenförmiges aufrechtes Sterigma treibt, welches über die Hymenialfläche hervortritt und eine Spore abschnürt. An der obersten Basidie einer Reihe tritt das Sterigma aus dem Scheitel, an den anderen seitlich dicht unter der oberen Wand hervor; seine Bildung und die Sporenabschnürung beginnt in der obersten Basidie einer Reihe, der dann die anderen, von oben nach unten fortschreitend, folgen. (Fig. 47).

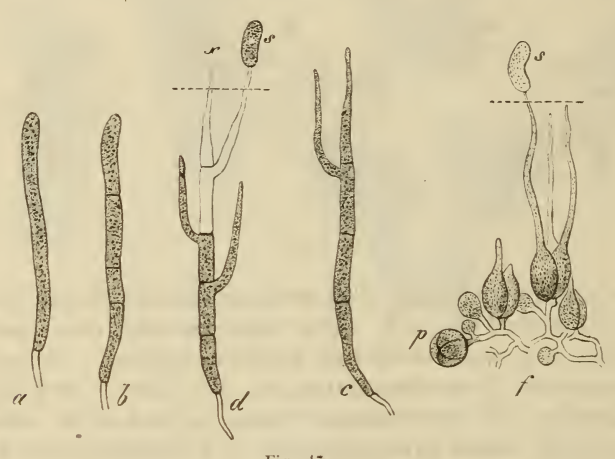


Fig. 47.

Simultane Basidien kommen, wie aus den Beschreibungen bekannt ist, bestimmten Fructificationsorganen zahlreicher anderer Pilzgruppen zu, als die soeben beschriebenen. Die Gestalt der Basidien ist je nach den einzelnen Arten höchst mannigfaltig, theils denen der Gastro- und Hymenomyceten ähnlich (z. B. Botrytis cinerea, Gonatobotrys, Botryosporium Corda), theils verschieden; häufig haben sie die Form fadenförmiger, im Verhältniss zur Spore schmaler Stiele, sie gleichen dann den Sterigmen der oben beschriebenen Pilze und werden häufig einfach mit diesem Namen bezeichnet. Die Zahl der Sporen auf einer Basidie wechselt auch hier nach Arten und Gattungen: typisch zwei- und

Fig. 47. *a — d* Hirneola Auricula Judae Berk. (Exidia Auct.) Basidien; *a* Primärzelle, *b—d* Theilung derselben, Bildung der Sterigmen und Sporen. In *d* : *x* Sterigma, dessen Spore abgefallen. *s* Spore. Die punctirte Linie bezeichnet die Hymeniumoberfläche (die Spore ist nach einem anderen Präparat auf das Sterigma gezeichnet, alles Uebrige genau nach d. Natur; 390fach vergr.).

f Exidia spiculosa Sommerf. Basidien verschiedener Entwickelung. *p* Primärzelle, in vier Tochterzellen (Basidien) getheilt. *s* und punktirte Linie wie bei *d*. Stark vergr. Nach Tulasne copirt.

viersporige scheinen nicht ausserhalb der Hymeno- und Gastromycetenordnungen vorzukommen; mehrsporige sind z. B. den soeben genannten Hyphomycetenformen eigen. Auch die typisch einzelligen, dichotom verzweigten und an den Zweigenden je eine Conidie (Spore, Sporangium) abschnürenden Fruchtträger von Peronospora sind hier zu nennen. Am häufigsten sind jedenfalls ausserhalb der Gastro- und Hymenomycetengruppe einsporige, schmal stielförmige, in der Regel Sterigmen genannte Basidien. Sie kommen z. B. den sogenannten Uredohymenien vieler Uredineen (z. B. Puccinia, Phragmidium, Melampsorae spec.) zu, und wohl auch den conidien- und stylosporenbildenden Organen von Ascomyceten; doch ist es bei diesen vielfach ungewiss, ob die Basidien simultane, und nicht, wie für sehr viele ausser Zweifel steht, succedan abschnürende sind.

Der Process der Sporenbildung ist, soviel bekannt, für alle Fälle wesentlich der gleiche, welcher oben beschrieben wurde. Nur die eine bemerkenswerthe Verschiedenheit kommt oft vor (z. B. Uredineen), dass sich die Spore vor Vollendung ihrer Vergrösserung und Ausbildung durch eine Querwand von ihrem Träger abgrenzt und dann bis zur Reife von letzterem aus auf endosmotischem Wege ernährt wird.

Auf den succedan abschnürenden Basidien ist der Vorgang bei der Bildung jeder einzelnen Spore, wenn man von den tausenderlei Formdifferenzen absieht, wesentlich der oben beschriebene, er wiederholt sich aber mehrmals an einer Basidie, und zwar meistens an dem gleichen Punkte derselben. Die succedane Abschnürung kommt in drei Hauptformen vor, als Abschnürung von Sporenköpfchen, von einfachen und von ästigen Sporenketten oder Reihen (Bildung von Arthrosporen, wie Léveillé die Glieder solcher Ketten genannt hat).

Bei der ersten Form (Fig. 48) entsteht auf dem spitzen Ende des schmalen, pfriemenförmigen Basidiums oder Sterigmas zuerst eine einzelne Spore. Nach Abgliederung derselben sprosst dicht neben ihrer Insertionsstelle eine neue Anschwellung aus dem Sterigma hervor, welche die erstgebildete Spore zur Seite drängt, um bald ihrerseits das Ende des Sterigma einzunehmen und sich nun zur Spore ausbildet. Auf die zweite Spore folgt in derselben Weise eine sie verdrängende dritte, und so weiter, oft wiederholt sich der Vorgang viele Male hintereinander. Die verdrängten Sporen bleiben entweder unter der Spitze des Sterigma eine Zeit lang sitzen, indem letzteres zwischen je zwei Sporen ein wenn auch sehr kleines Stück in die Länge wächst und hierdurch

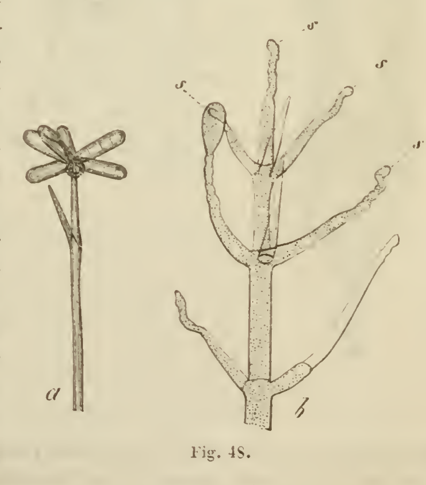


Fig. 48.

Fig. 48. Dactylium macrosporum Fr. Enden von sporentragenden Hyphen, 300ma vergr. *a* trocken, oben Sporenköpfchen. *b* in Wasser; auf den Zweigenden Anfänge der jüngsten Sporen *s*; die darunter stehenden kleinen Unebenheiten sind die Ansatzstellen der älteren, durch das Wasser abgelösten Sporen. Vergr. 300.

ihren Anheftungspunkten Raum gibt; sie sind strahlig zu einem Köpfchen vereinigt, in dem sie einen um so höheren Platz einnehmen, je jünger sie sind. In anderen Fällen wird jede Spore durch ihre Nachfolgerin vollkommen von ihrem Träger abgelöst, um abzufallen oder der jüngeren seitlich ankleben zu bleiben, letzteres nicht selten vermittelst gallertiger Aussenfläche. Beide Formen der Köpfchenbildung kommen häufig vor; für die erstere mögen Dactylium macrosporum Fr., die kleinen Conidien von Hypomyces Tul. (Verticillium agaricinum Auct. und ähnliche Formen), Botrytis Bassiana als Beispiele genannt werden; für die zweite die als Acrostalagmus Cord. bezeichneten Hyphomycetenformen, die Conidien von Sphaeria typhina, Claviceps purpurea (s. Fig. 79 *b*, Kühn, Ber. d. Landw. Inst. zu Halle). Es ist wahrscheinlich, dass zumal die letztere Form unter den conidienbildenden Organen der Ascomyceten eine grosse Verbreitung hat, sie ist aber schwer und nur an ganz frischen in der Luft befindlichen Exemplaren zu erkennen, weil die reifen Sporen durch Erschütterung oder Einwirkung von Wasser sofort von dem Orte ihrer Entstehung losgetrennt werden.

Bei der succedanen Abschnürung einfacher Sporenketten sprosst unter der erstgebildeten Spore aus dem Gipfel des Sterigma oder der Basidie eine neue Ausstülpung hervor, welche die erste senkrecht emporhebt und fortschiebt und sich selbst zur Spore entwickelt. Der zweiten folgt eine dritte, und so fort, oft bis zu zwanzig und mehr (Fig. 49). Die an jedem Bildungspunkte erzeugten Sporen bilden somit eine Kette, deren Glieder um so jünger sind, je näher sie dem genannten Punkte liegen. Sie bleiben oft lange locker mit einander verbunden vermöge einer zarten, alle überziehenden äussersten Membranschichte, welche zwischen je zweien tief eingeschnürt ist und daselbst eine schmale Brücke bildet. Von den zahlreichen bekannten Fällen der einfachen Kettenbildung seien hier die Conidien der meisten Erysiphe-Arten, Penicillium glaucum, Aspergillus (Fig. 49, *b*), die Aecidiumfrüchte der Uredineen, sowie die Conidien (Sporangien) von Cystopus (Fig. 49, *a*) beispielsweise genannt. In Beziehung auf die Form der Abschnürung kommt bei diesen und ähnlichen Beispielen eine Verschiedenheit in soferne vor, als bei den einen (Aspergillus, Penicillium) jede Sporenanlage aus dem bleiben-

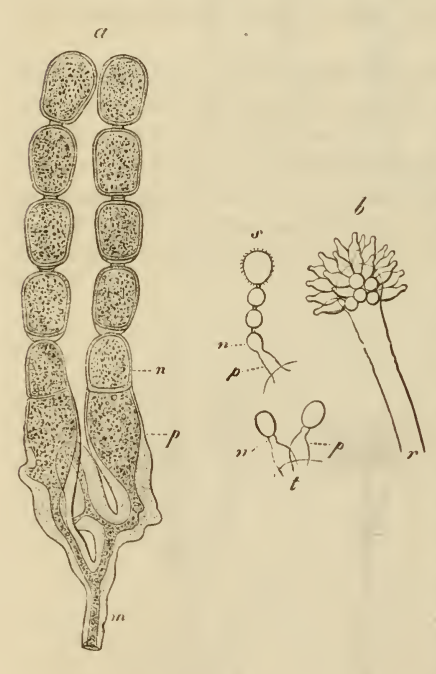


Fig. 49.

Fig. 49. *a* Conidienbildung von Cystopus Portulacae Lév. Vergr. 390.
b Dieselbe von Eurotium herbariorum Lk. (Aspergillus glaucus). Vergr. 300. *r* kopfiges Ende einer Fruchthyphe, dicht mit Basidien oder Sterigmen besetzt, auf denen die Bildung der ersten Spore beginnt. In *s* und *t* einzelne Basidien. In *a* und *b* ist *p* = Basidie, *n* jüngste Spore, *m* Mycelium.

den Gipfel der Basidie hervorsprosst in Form einer mit schmaler, stielartiger Basis aufsitzenden Ausstülpung; während bei den anderen (Erysiphe, Cystopus, Aecidien) nach jeder Sporenbildung das breite Ende des Basidiums ein Stück in die Länge wächst, sich dann durch eine horizontale, breite Querwand als Spore abgrenzt, und diese dann abgegliedert wird dadurch, dass sich die Querwand in eine der Sporenmembran und eine der Basidie angehörende Platte sondert, welche sich beide gegeneinander wölben und zuletzt trennen.

Die Bildung ästiger Sporenketten beginnt damit, dass auf der Basidie ein, oder meistens mehrere, selbst zahlreiche Sporenanfänge auftreten. Nach oder vielleicht selbst schon vor ihrer Abgrenzung durch eine Scheidewand sprosst aus dem oberen Ende der jungen Spore der Anfang einer zweiten hervor, aus dieser die dritte u. s. f. Neben den terminalen treten an den jungen Sporen auch seitliche Sprossungen auf, die sich den terminalen gleich verhalten. Es ist ohne Weiteres klar, dass auf diese Weise eine verzweigte, rosenkranzförmige Zellreihe zu Stande kommt, deren Glieder um so jünger sind, je ferner sie der Ursprungsstelle der Reihe liegen. Ob auch typisch einfache Reihen durch diesen terminalen Sprossungsprocess gebildet werden können, ist mir nicht bekannt. Zuletzt, und in derselben Aufeinanderfolge wie sie entstanden sind, nehmen alle Glieder der Ketten gleichmässig die Eigenschaften von Sporen an und trennen sich von einander. Diese letzteren Erscheinungen rechtfertigen denn auch die Bezeichnung der einzelnen Glieder als Sporen, während der Entwickelungsgeschichte nach alle diejenigen, von welchen neue Sprossungen ausgehen, ebenso gut Basidien als Sporen genannt werden könnten; — es ist dies einer der bei niederen Gewächsen so häufig wiederkehrenden Fälle, in denen eine strenge Classification der Organe auf unüberwindbare Schwierigkeiten stösst. Für die beschriebenen Bildungen liefern Beispiele die dicken Sporenköpfe der Formen, welche von Fresenius (Beitr.) und Riess (Bot. Zeitg. 1853, 139) Periconia genannt werden, die des Myriocephalum botryosporum Not. und die allenthalben so häufigen Microconidienträger von Pleospora herbarum (vgl. Tulasne, Carp. II.), welche den Namen Dematium vulgare, Dem. herbarum Pers. führen, sowie viele ähnliche, schwer zu benennende Formen. (Vgl. auch Penicillium viride, P. chlorinum Fresenius, Beitr. Taf. III, P. olivaceum Corda, Ic. III, fig. 35.)

Eine Menge dubiöser, den Pilzen beigesellter Organismen, zumal die Gattung der Hefenpilze, Hormiscium Kunze, mit ihrem bekanntesten Repräsentanten H. Cerevisiae, der Bierhefe (Torula Cerevisiae Auct. plur., Cryptococcus Kützing) besteht aus Zellen, welche erst einzeln gefunden werden, und aus welchen unter geeigneten Bedingungen ästige, rosenkranzförmige Zellreihen hervorsprossen, genau wie die ästigen Sporenketten aus ihren Anfangsgliedern. Ohne hier discutiren zu wollen ob diese Hefezellen ursprünglich von Fruchtträgern bestimmter Pilze erzeugt, oder Repräsentanten selbständiger Arten sind, ist es am Platze, sie an dieser Stelle zu erwähnen. Nach ihnen wird die soeben beschriebene Sprossung und Kettenbildung häufig kurzweg als hefeartige Sprossung bezeichnet, und ihre umstehende Abbildung (Fig. 50) möge zur Erläuterung der Bildung verzweigter Ketten dienen.

Es erübrigt noch, die histiologischen Veränderungen zu betrachten, durch welche die Lostrennung der abgeschnürten Sporen von ihren Trägern bewirkt

wird. Am vollständigsten lassen sich dieselben beobachten bei den einfachen Conidien- (Sporangien-) Reihen von Cystopus, zumal C. cubicus und C. Portulacae. Vgl. de Bary, Ann. sc. nat. 4e sér. tom. XX, p. 133. Die Conidie (Fig. 49, *a*) wird hier angelegt dadurch, dass sich der kuppelförmige Scheitel der keulenförmigen Basidie mittelst einer dicken, gallertartigen, bläulich glänzenden Querwand von dem unteren Theile abgrenzt. Die Querwand entsteht wie die Scheidewände der Confervenzellen, sie setzt sich in die inneren Schichten der Seitenwand der Basidie fort, die äusserste Schicht letzterer zieht sich als eine dünne S c h e i d e continuirlich über die Querwand und die ganze Conidie. Nach Bildung einer Conidie wächst das obere Ende des Basidium ein Stück in die Länge und nimmt wiederum Kuppelform an. Die Querwand behält ihre ursprüngliche Gestalt und Grösse, sie sitzt daher bald auf dem Scheitel der Basidie als eine kreisrunde, oben leicht concave, die Conidie tragende Platte, deren Rand anscheinend frei, jedoch von der »Scheide« wie zu Anfang eingeschlossen ist. Auf der Innenfläche der Querwand erscheint nun eine neue, in die Seitenwand der Conidie continuirlich übergehende Celluloseschicht, die Conidie ist somit von einer eigenen Membran rings umgeben, unten von der ursprünglichen Querwand gestützt, seitlich von der Scheide überzogen. Indem sich der gleiche Vorgang nach den Regeln der einfach reihenweisen Abschnürung wiederholt, entsteht eine lange Kette von Conidien. In dem Maasse als diese von den jüngeren vorgeschoben werden, nimmt die Grösse der primären Querwände unter ihnen ab, letztere erscheinen unter der drittoder viertjüngsten Conidie einer Reihe nur mehr als kleine, dünne, kreisförmige Plättchen und sind an noch älteren völlig verschwunden. Die Scheide bleibt den kleiner werdenden Querwänden immer eng anliegen, sie wird daher mit dem Schwinden letzterer zwischen je zwei Conidien immer tiefer eingeschnürt, nach dem völligen Verschwinden der Querwand bleibt sie zunächst erhalten als zarte, die Conidien verbindende Brücke, die endlich gleichfalls verschwindet. An der Abgrenzungsstelle der Conidien findet somit ein in entgegengesetztem Sinne erfolgendes Convexwerden der einander berührenden Wände von Conidie und Basidie statt, und eine allmähliche Resorption der primären Querwand sowohl wie der scheidenartigen äusseren Portion der Mutterzellmembran. Beide Processe oder der letztere für sich allein müssen in allen Fällen die Loslösung der abgeschnürten Fortpflanzungszellen bewirken, wie sich meistens nachweisen lässt, wenn auch minder vollständig wie in dem beschriebenen exquisiten Beispiele.

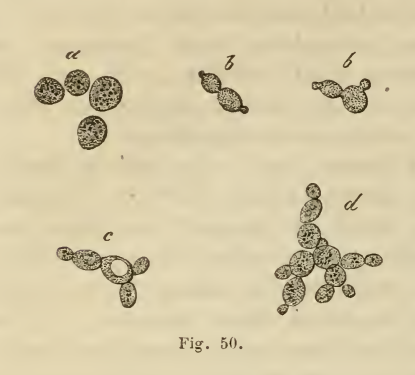


Fig. 50.

Fig. 50. Bierhefe (Hormiscium Cerevisiae). 390mal vergr. *a* Zellen vor der Sprossung. *b*—*d* Sprossungen, in gährender Traubenzuckerlösung. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben.

3. Sporenbildung durch Zelltheilung.

Als Zellentheilung bezeichne ich (im Gegensatz zur freien Zellbildung, bei welcher ein Theil des Protoplasmas einer Mutterzelle zur Anlage von Tochterzellen wird) denjenigen Vorgang, bei dem der ganze Protoplasmakörper der Mutterzelle in zwei oder mehrere Tochterzellen zerfällt, sei es unter gleichzeitiger Bildung von der Innenschichte der Mutterzellhaut ausgehender und mit dieser zusammenhängender Scheidewände (wandständige Zelltheilung Nägeli, Theilung durch Scheidewände), sei es ohne unmittelbare Betheiligung der Mutterzellmembran.

Alle nicht in den beiden vorhergehenden Abschnitten besprochenen Sporenentwickelungsprocesse, sind unter der in der Ueberschrift genannten Bezeichnung zusammenzufassen. Die in dem vorigen Abschnitte beschriebene Abschnürung ist lediglich eine Form der Zelltheilung mit Scheidewänden, und sie ist, wie sich a priori erwarten lässt, mit den übrigen Theilungsformen durch so zahlreiche Uebergangsformen verbunden, dass auf eine allgemein durchgreifende Trennung wohl stets wird verzichtet werden müssen. Immerhin wird die Unterscheidung für viele Fälle durchführbar und gerechtfertigt sein.

In der folgenden Uebersicht der Hauptformen, unter welchen die Sporenentwickelung durch Zelltheilung auftritt, sollen, der Deutlichkeit wegen, die scharf characterisirten Fälle vorangestellt werden, es ist daher zu beginnen mit der

1. Theilung ohne Scheidewandbildung. Dieselbe findet statt in den Sporangien der Mucorinen, den Zoosporangien der Saprolegnieen und Peronosporeen. Das ganze, entweder wandständige oder den ganzen Zellraum erfüllende Protoplasma der Sporenmutterzelle zerfällt bei diesen Pilzen simultan in mehrere (zwei, drei bis zwölf und sechzehn bei den Peronosporeen) oder sehr viele (Saprolegnieen, den meisten Mucorinen) Portionen, welche erst durch sehr zarte, dann schärfer hervortretende Grenzlinien umschrieben sind und von denen jede alsbald die Eigenschaften einer Spore annimmt, bei den Mucorinen eine derbe Zellmembran um ihre Oberfläche erzeugend, bei den anderen Gruppen zunächst ohne distincte Membran. Die Wand der Sporenmutterzelle ist bei dem Vorgang unbetheiligt, die Sporen liegen (abgesehen von der sogleich zu erwähnenden Besonderheit bei Pythium) von dem Momente ihrer Bildung an frei in dem von ihr umschlossenen Raume. Man hat deshalb, aber wie ich glaube mit Unrecht, den in Rede stehenden Process den Erscheinungen der freien Zellbildung zugezählt.

Der Theilung geht wohl immer (für die Mucorinen fehlt es an genauen Untersuchungen) eine Veränderung in dem Ansehen des Protoplasma voraus, es wird gleichmässiger körnig, und in vielen Fällen (Pythium, Peronosporeen) treten in ihm soviele zartumschriebene, runde, körnerfreie, helle Flecken auf, als Sporen gebildet werden; jeder Fleck nimmt nach der Theilung die Mitte einer Spore ein. Ob es sich hier um Zellkerne oder Analoga derselben handelt, ist zweifelhaft, nach vereinzelten Beobachtungen an Mucorinen (Pilobolus, folgend. Abschn.) nicht unwahrscheinlich.

Die Sporenmutterzellen der in Rede stehenden Pilze entstehen einzeln oder

reihenweise auf den Enden der fruchttragenden Hyphen; bei den Peronosporeen werden sie vor der Sporenbildung durch Abschnürung losgelöst; bei Achlyogeton und, wie es scheint, auch Pythium reptans wird schliesslich jede Gliederzelle des verästelten Thallusfadens zu einem Sporangium. Bei den letztgenannten Formen ist selbstverständlich die Gestalt der Sporangien der der Thalluszellen gleich; bei den übrigen sind jene durch berondere Formen ausgezeichnet. Bemerkenswerth ist die für die Gattung Mucor characteristische: das Sporangium ist eine kugelige, endständige Blase, deren untere, dem Fruchtträger angrenzende Wand hoch emporgewölbt ist, also in Gestalt eines kopfförmigen Körpers (»Columella«) ins Innere der Kugel ragt.

Von dem Bau des Sporangiums sei hier nur eine Eigenthümlichkeit der Gattung Pythium hervorgehoben. Unmittelbar vor der Sporenbildung quillt plötzlich aus seiner Spitze eine kugelige, rasch anschwellende Blase hervor, welche von einer höchst zarten, weichen, in die innerste Umrisslinie der Seitenwand sich fortsetzenden Membran umgeben ist, und in welche das ganze Protoplasma des Sporangiums von dem ersten Augenblicke ihres Erscheinens an rasch einströmt. Zuletzt liegt alles Protoplasma zu einer regelmässigen Kugel geformt in der Blase, vor der leeren ursprünglichen Sporangiummembran, und nun beginnt sofort die Sporenbildung.

2. Theilung mit Scheidewandbildung. Soweit die vorhandenen Untersuchungen reichen, ist hier der Vorgang der Theilung selbst der nämliche, wie bei der vegetativen Zellentheilung sowohl der Pilze als der übrigen Gewächse, eine Beschreibung desselben unterbleibt daher hier. Was die Formèn, in denen der Vorgang auftritt, betrifft, so schliesst sich die erste unmittelbar an die Abschnürungen an: der obere Theil einer cylindrisch-keulenförmigen Mutterzelle (Basidie) grenzt sich früh durch eine Querwand von dem unteren ab und wächst, von letzterem als von einem Stiele getragen und ohne sich spontan von ihm loszulösen, zur Spore heran. Entweder wird auf diese Art eine einzelne Spore gebildet (Teleutosporen der typischen Uromyces-Arten, Melampsora, Sepedonium chrysospermum Fr. und wohl auch die Stylosporen mancher Sphaeriaceen, bei welchen jedoch Abschnürung meistens stattzufinden scheint), oder der ersten Spore werden von der Basidie aus andere nachgeschoben in derselben Weise wie bei der Abschnürung einfacher Sporenreihen. Die sogenannten Ligula oder Columella von Cronartium besteht aus zahlreichen und reichgliederigen Sporenreihen, von denen eine jede auf die oben angedeutete Weise entsteht und wächst, und welche sämmtlich zu einem soliden Cylinder der Länge nach miteinander verbunden sind.

Die zweite Form schliesst sich enger an die vegetative Zellentheilung an. Die Sporenmutterzelle wird durch Scheidewände getheilt in eine verschieden grosse Anzahl von Tochterzellen, die nach Art vegetativer zu einem Körper verbunden bleiben, und von denen jede die Eigenschaften einer Spore annimmt. Die Zahl der Tochterzellen in einer Mutterzelle ist nach Gattungen und Arten sehr verschieden, von zwei (z. B. Puccinia) bis zu sehr vielen, ihre Anordnung, wenn mehr als zwei vorhanden sind, entweder reihenweise oder flächenartig, oder nach den drei Raumesdimensionen. Wohl in den allermeisten Fällen, wenigstens den bisher untersuchten, entstehen auch die mehr- und vielzelligen hier in Rede stehenden Körper durch wiederholte Zweitheilung:

und zwar theilt sich in der Regel die Mutterzelle in zwei nahezu gleiche Hälften, die Tochterzellen der verschiedenen Generationen ebenfalls; bei den vielzelligen Körpern mit Anordnung der Zellen nach zwei und drei Dimensionen pflegt die Theilung in der Mitte des Körpers durch eine grössere Anzahl von Generationen zu dauern, als an seinen Enden. Bei den braunen Teleutosporenreihen von Phragmidium (von welchen ich früher, durch die dicke, gallertige Mutterzellmembran getäuscht, eine Entstehung durch freie Zellbildung annahm, welche Meinung Hoffmann neuerdings reproducirt hat) beginnt die Abgrenzung der Sporen durch Querwände in dem Scheitel der Mutterzelle und schreitet von da zum Grunde fort, sie bedarf hier übrigens nochmaliger Untersuchung. Ob da, wo typisch drei Sporen in einer Mutterzelle entstehen, wie z. B. bei Triphragmium, die Scheidewände simultan entstehen, ist gleichfalls noch zu ermitteln. Es ist eine jedenfalls sehr allgemeine, wenn auch nicht ausnahmslose Regel bei der in Rede stehenden Bildung, dass die Mutterzelle zur Zeit wo die Theilung beginnt, eine im Vergleich mit dem fertigen Theilungsproduct geringe Grösse und meist hohe Zartheit zeigt. Die Tochterzellen früherer Generationen wachsen nach ihrer Anlegung bedeutend, um sich später wieder zu theilen oder ungetheilt zu bleiben.

Wie bei vielen vegetativen Zellen, zumal niederer Gewächse, sind die Zellmembranen späterer Generationen bei den in Rede stehenden Körpern oft deutlich in die der früheren eingeschachtelt. Besonders umgibt die Mutterzellenmembran den ganzen Körper als ein mit diesem wachsender eng anschliessender Sack.

Durch den in seinen allgemeinen Umrissen soeben geschilderten Theilungsprocess entsteht ein Zellkörper, dessen einzelne Glieder die Eigenschaften ebensovieler Sporen haben, der also, seinem Wesen nach als ein aus Sporen bestehender, ein Sporen-Körper zu bezeichnen ist. Solche Sporenkörper sind unter den meisten Pilzordnungen (Hymenomyceten[1]) und Gastromyceten meines Wissens allein streng ausgenommen) sehr verbreitet (z. B. Puccinia, Phragmidium; viele Hyphomycetenformen, deren systematische Stellung noch nicht näher bestimmt ist, Trichothecium, Arthrobotrys, Fusisporium u. s. f.; andere, die wir jetzt als Conidienträger von Pyrenomyceten kennen, wie die Fries'schen Gruppen der Dematieen, Sporidesmieen, z. B. Helminthosporium, Cladosporium, Sporidesmium, Phragmotrichum, Polydesmus etc. etc.; ferner die meisten Stylosporen der Pyrenomyceten, wie die Formgenera Melanconium, Stilbospora, Coryneum, Exosporium, und sehr viele andere). Die Gestalt der Körper resp. ihrer Mutterzellen, die Anordnung — reihenweise, einzeln endständig oder interstitiell — ist nach Arten überaus verschieden; ebenso ob der Körper oder seine Mutterzelle auf seinem Träger befestigt bleibt oder sich durch Abschnürung loslöst.

Die in Rede stehenden Sporenkörper habe ich, in theilweisem Anschlusse an Fries, früher (Brandpilze) mit dem Namen Sporidien, der jetzt jedenfalls aufzugeben ist, später (Flora 1862, p. 63) Sporenbündel, Sporidesma genannt; allgemein gelten für sie die Bezeichnungen septirte, mehrfächerige, zu-

---

1) Bei Agaricus rutilus sollen nach Montagne Sporenkörper, querwändige Sporen vorkommen. S. Ann. sc. nat. 2e sér., t. 8, p. 328.

sammengesetzte Sporen, Sporae septatae, multiloculares compositae, auch Sporae cellulosae (Corda), Semen multiplex (Tulasne carp.). Diesen Bezeichnungen liegt die Auffassung des ganzen Körpers als einer Spore zu Grunde; der septirten oder mehrfächerigen wird die unseptirte, einfache Fortpflanzungszelle entgegengesetzt. Streng genommen sind diese Bezeichnungen unrichtig, denn wenn man von dem einzigen stichhaltigen Gesichtspunkte ausgeht und die einzelne geschlechtslose Fortpflanzungszelle Spore nennt, so ist eben jedes einzelne Fach jener vielfächerigen Körper eine Spore, und nicht der ganze; und wenn man consequent sein und von mehrfächerigen, d. h. mehrzelligen Fortpflanzungszellen reden wollte, so würde dies widersinnig sein. Vom histiologischen Standpunkte aus ist darum die oben gegebene Auffassung wie mir scheint die allein richtige. Behält man dieses im Auge, so mögen übrigens Ausdrücke wie septirte, querwändige Sporen beizubehalten sein, wie so manche andere einmal eingebürgerte in ihrer wörtlichen Bedeutung unpassende Kunstausdrücke; und am zweckmässigsten dürfte von den überkommenen die Bezeichnung zusammengesetzte Sporen sein; sie soll hier hinfort gebraucht, und das einzelne Glied einer zusammengesetzten als Einzel- oder Theilspore, Merispora, bezeichnet werden.

Die altherkömmlichen Bezeichnungen, welche soeben besprochen wurden, sind übrigens von anderen als streng histiologischen Gesichtspunkten aus darum nicht ungerechtfertigt, weil sehr häufig Zellen, welche genau die gleiche Stelle in dem Entwickelungsgange einnehmen, bei der einen Gattung oder Species zur einfachen Spore werden, bei der anderen Mutterzellen zusammengesetzter Sporen sind. Ein bekanntes Beispiel hierfür liefern die Genera Uromyces Tul. und Puccinia, und das auffallendste jedenfalls die Ascomyceten, zumal Pyrenomyceten. Die Fortpflanzungszellen, welche in den Ascis durch freie Zellbildung entstehen, und in dem früheren Abschnitte Sporen genannt worden sind, werden hier in einer Reihe von Fällen zu einfachen, in einer anderen zu zusamengesetzten Sporen. In letzteren beginnt die Theilung schon sehr frühe, geschieht übrigens durchaus nach den Regeln gewöhnlicher Zelltheilung mit

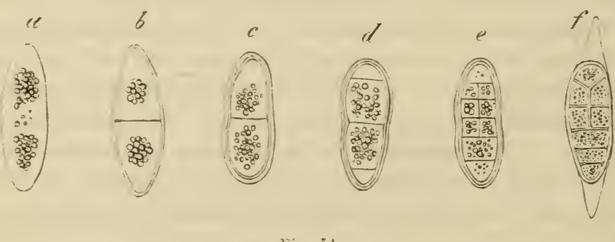


Fig. 51.

Scheidewandbildung, was nach den wenig klaren Darstellungen von Sollmann (Botan. Zeitung 1862, 1863) zweifelhaft werden könnte. (Vgl. Fig. 51).

Fig. 51. Sphaeria Scirpi DC. *a*—*e* Entwickelungsstadien der Sporen, 390fach vergr. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben; alle nach Exemplaren gezeichnet, welche sich im Innern frisch freigelegter, unversehrter Asci befanden. *f* reife, entleerte zusammengesetzte Spore, 350mal vergr., nach Pringsheim.

An die Zelltheilungen und reihenweise Abschnürung schliesst sich auch der Sporenbildungsprocess von Ustilago an, wie er von Kühn und mir früher beschrieben worden ist. Die relativ dicke, weich gallertige Membran der büschelig verästelten sporenbildenden Fäden und die kleinen glänzenden (früher von mir fälschlich Zellkerne genannten) Protoplasmakörper der ganz jungen Sporen sind der Grund, warum die jungen Sporengruppen auf den ersten Blick ein ganz absonderliches Ansehen haben. Ihre Bildung ausführlich zu beschreiben würde hier zu weit führen. Bei den anscheinend zusammengesetzten Sporen der Ustilagineengattung Urocystis Rab. (Polycystis Lév.) sind wenigstens die kleinen wasserhellen, den dunkeln Sporen selbst aussen aufsitzenden Zellen nicht Schwesterzellen der Sporen, sondern Glieder von kurzen Hyphen, welche sich der jungen Spore aussen fest anlegen. Die vielgliederigen Sporenknäuel der verwandten Gattung Sorisporium Rud. beginnen als kugelige Ballen dicht verflochtener, einzeln kaum unterscheidbarer Hyphen. In der Mitte des Ballens tritt dann die Anfangs sehr klein- und zartzellige Sporengruppe auf, welche ohne weitere Theilung ihrer Glieder zu ihrer definitiven Grösse heranwächst, während das peripherische Geflecht des Ballens allmählich (durch Resorption) verschwindet. Wie die Sporen zuerst angelegt werden ist ganz unklar.

Schliesslich mag dem Sporenbildungsprocess durch Zelltheilung die Erscheinung angereiht werden, bei welcher sich gewöhnliche vegetative Hyphen des Myceliums oder Fruchtträgers durch Querwände in meist kurze Gliederzellen theilen, die sich dann meist von einander trennen und von denen jede einzelne unter günstigen Bedingungen wieder zu einem Myceliumfaden auszuwachsen vermag. Die Produkte dieses Processes mögen als Brutzellen bezeichnet werden. Sie sind von den vegetativen der gleichen Species in der Regel durch derbere Membran, reichlichere Mengen körnigen Inhalts oder reichlichere Fetttropfen ausgezeichnet. Den Sporen schliessen sich diese Bildungen durch ihre Abtrennung von der Mutterpflanze und ihre Keimfähigkeit an; von denselben zu unterscheiden sind sie aber darum, weil sie, vergleichbar den Brutzellen und Brutknospen mancher höheren Gewächse, nicht typische Fortpflanzungsorgane der Species sind, sondern eher krankhafte Produkte, erzeugt in Folge ungünstiger Vegetationsbedingungen. In Reihen von Brutzellen zerfallen z. B. die Aeste des Myceliums von Mucor Mucedo bei ungeeigneter Ernährung; bei Dacrymyces deliquescens zerfällt oft der ganze Fruchtträger, wenn er langsam austrocknet, in unregelmässig gestaltete Brutzellen (Tulasne); die Pilzform, welche Caspary (Monatsber. d. Berl. Acad. 1855) als Fusisporium melanochlorum beschrieben hat, gehört ohne Zweifel hierher, und zahlreiche Beispiele findet man an den Mycelien fädiger Pilzformen, zumal der Dematieen. Viele derselben mögen unter den Formen sein, die in der descriptiven Mycologie den Namen Torula führen.

II. Bau der Sporen.

Bei der Betrachtung der Structur reifer Sporen ist zunächst zu unterscheiden zwischen den beweglichen Sporen, Schwärmsporen, Zoosporen und den bewegungslosen.

Die ersteren kommen verhältnissmässig wenigen Pilzen zu, nämlich den wasserbewohnenden Saprolegnieen und einer Anzahl, für die Sporenbildung gleichfalls auf das Vorhandensein tropfbar flüssigen Wassers angewiesener Peronosporeen (Cystopus, Arten von Peronospora, Fig. 52). Die Schwärmsporen der Pilze sind, abgesehen von dem Mangel des Pigmentes in ihnen, den gleichnamigen Organen der Algen im Wesentlichen gleich gebaut: nackte, einer deutlichen Cellulosemembran meistens (Saprolegnia ferax soll eine sehr zarte Membran besitzen) entbehrende Protoplasmakörper oder Primordialzellen, von deren Oberfläche meist zwei (eine bei Pythium entophytum und monospermum nach Pringsheim) schwingende Cilien entspringen. Diese sitzen seltener an dem spitzen Vorderende der eiförmigen Spore (Saprolegnia ferax nach Thuret), und sind dann beide vorwärts gerichtet, gleich denen der Schwärmsporen von Ulothrix, Chateophora u. s. f. Die meisten Pilzzoosporen sind vielmehr oval, oder rundlich-linsenförmig, zeigen an ihrer einen Seitenfläche einen rundlichen, einer an die Oberfläche grenzenden Vacuole gleichenden hellen Fleck, und von zwei diametral entgegengesetzten Punkten des Randes dieses Fleckes entspringt je eine Cilie, von denen die eine nach vorne, die andere nach hinten gerichtet ist; eine Anordnung, welche an die für die Phaeosporen-Algen Thurets erinnert. Bei Peronospora infestans entspringen beide Cilien von demselben Punkte. Im Uebrigen stimmen die Pilzzoosporen so sehr mit denen der Algen überein, dass eine ausführlichere Besprechung derselben hier unterbleiben kann. Wie bei den Algen kommen die Schwärmsporen der Pilze zuletzt zur Ruhe, bilden eine zarte Cellulosehaut auf ihrer Oberfläche und beginnen dann sofort zu keimen.

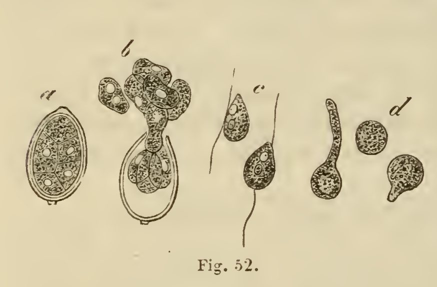


Fig. 52.

Alle bekannten Pilzsporen ausser den eben erwähnten entbehren der schwingenden Cilien und der selbständigen Bewegung. Sie haben zur Zeit der Reife und meist schon lange vorher eine feste Zellmembran und diese lässt in sehr vielen Fällen zwei Lagen unterscheiden: Aussenhaut, Episporium oder Exosporium und Innenhaut, Endosporium, von denen die eine oder die andere wiederum geschichtet sein kann. Bei zarten oder kleinen Sporen ist diese Sonderung in zwei Lagen nur sehr schwer, oder vor der Keimung gar nicht zu erkennen (z. B. Kleinsporige Pezizen, wie P. calycina, tuberosa, Sclerotiorum; Acrostalagmus; Corticium quercinum und viele ähnliche; Conidien von

Fig. 52. Peronospora infestans Mont. *a* Sporangium, in Wasser liegend, nach vollendeter Theilung. *b* Austritt der 10 Zoosporen aus demselben. *c* Zoosporen während der Bewegung. *d* solche zur Ruhe gekommen und zu keimen beginnend. Vergr. 390.

Xylaria, Claviceps etc.); manchmal selbst zu keiner Zeit (Exoascus). Die Sporenwand, alsdann oft schlechthin Episporium genannt, stellt in diesen Fällen eine einfache, farblose oder gefärbte Membran dar.

In den zahlreichen Fällen deutlicher Sonderung stellt die Aussenhaut meistens eine derbe Membran dar, welche meist in der verschiedensten Weise und Intensität gefärbt, selten ganz farblos ist, und von deren Färbung in den meisten Fällen die der ganzen Spore herrührt. Die Oberfläche derselben ist entweder ganz glatt (z. B. bei den meisten Puccinia-Teleutosporen, vielen Pezizen), oder häufiger wohl mit nach aussen vorspringenden Verdickungen von der Gestalt von Warzen, Stacheln, Runzeln, netzförmig verbundenen Leisten versehen, deren Dicke und Höhe je nach den einzelnen Species wechselt, von den zartesten punktförmigen Erhebungen (z. B. Uredosporen von Puccinia coronata, Aspergillus etc.) und Netzleistchen (Peziza aurantia, Puccinia reticulata) an bis zu den dicksten Warzen (Genea), Stacheln (Tuber melanospermum, Octaviania, Triphragmium echinatum) oder netzförmig verbundenen Kämmen (Tuber aestivum). Die Aussenhaut ist dabei entweder homogen oder geschichtet. Bei den durch Abschnürung gebildeten Sporen ist sehr oft eine dünne äusserste Schichte von dem Uebrigen unterscheidbar, von der durch die Entwickelungsgeschichte ziemlich unzweifelhaft wird, dass sie die ursprüngliche zarte Membran der Sporenanlage darstellt, welche mit der Spore herangewachsen ist, und an deren Innenseite sich die anderen Schichten gebildet haben. Dieser äusseren Umkleidung, man kann sie die primäre Schicht nennen, gehören oft (z. B. Uredosporen, Corticium amorphum) die Prominenzen der Aussenfläche ausschliesslich an. Dass die zusammengesetzten oder septirten Sporen in ähnlicher Weise von der mit ihnen wachsenden Mutterzellhaut wie von einem knapp anliegenden Sacke umzogen werden, wurde schon oben erwähnt. Einige Episporien, besonders schön die von Phelonites strobilina, Peridermium Pini, Caeoma pinitorquum und einiger anderer Uredineen zeigen statt der Schichtung ein Gefüge, welches sie wie aus kleinen, auf der Sporenoberfläche senkrecht stehenden, prismatischen Stäbchen zusammengesetzt erscheinen lässt. Die gewölbten äusseren Enden der Stäbchen ragen als Wärzchen nach aussen vor. Am schönsten sieht man diese Structur, wenn die genannten Episporien durch Einwirkung von Schwefelsäure aufquellen.

Das Endosporium stellt eine meist farblose, oder doch weit blasser als die Aussenhaut gefärbte, glatte, homogene oder geschichtete Haut dar; es ist von dem Epispor meist durch grössere Weichheit und Zartheit, doch keineswegs immer durch geringere Dicke unterschieden.

Manche Pilzsporen lassen in ihrer Membran Poren oder Tüpfel erkennen, welche meist in bestimmter, bei der einzelnen Species nur zwischen sehr engen Grenzen schwankender Zahl und in regelmässiger Stellung und Vertheilung auf der Sporenoberfläche auftreten. Viele derselben dienen den schlauchförmigen Ausstülpungen, welche beim Keimen aus der Spore hervortreten, als Austrittsstelle und können daher als Keimporen bezeichnet werden: anderen kommt diese Bedeutung nicht zu, sie mögen einfach Tüpfel oder Poren heissen. Die Lage dieser Poren in der Membran, oder wenn man so sagen darf, die Structur derselben ist nach den Einzelfällen verschieden. Die Sporen von Sordaria fimiseda deNot. z. B. haben in ihrem Scheitel einen nur von der äussersten

Membranschicht geschlossenen Keimporus (vgl. unten Fig. 55). Die Keimporen der Uredosporen, welche ich untersucht habe, z. B. derer von Puccinia und Uromyces, sind scharf umschriebene, runde Löcher in dem Endosporium; aussen werden sie von dem darüber hinziehenden Episporium geschlossen. Die in den sogenannten Teleutosporen derselben Genera befindlichen sind, soweit es entschieden werden konnte, Tüpfel im Epispor, welche jedoch dieses nicht bis in seine äussersten Schichten durchbrechen; auf der Innenseite scheinen sie durch das undurchbrochene Endosporium geschlossen zu sein. Einen für die Keimung bedeutungslosen Tüpfel zeigen manche, vielleicht viele Uredosporen (z. B. Puccinia graminis) an ihrer Anheftungsstelle (s. Fig. 53). An der gleichen Stelle sind die Sporen mancher Hymeno- und Gastromyceten (z. B. Hymenogaster Klotzschii) und wohl noch andere, durch Abschnürung entstehende mit einem Tüpfel versehen, welcher dem Episporium anzugehören scheint; Corda (Anleitg. p. XXXII) wirft diesen Tüpfel mit dem an dem Anheftungspunkte der meisten abgeschnürten Sporen vorhandenen, oben erwähnten Stielchen unter dem Namen Hylus, Fensterchen, Nabel zusammen, den er als eine »Oeffnung, Spur einer Durchbohrung oder ein kurzes, durchbohrtes Wärzchen« beschreibt. Soviel ich wenigstens bei dem grosssporigen Corticium amorphum (vgl. Fig. 45) erkennen konnte, ist das Stielchen der acrogenen Sporen der Hauptsache nach eine Fortsetzung oder Ausstülpung des Endosporiums, über welche sich das Epispor nicht oder nur als ungemein verdünntes Häutchen fortsetzt: das Stielchen selbst zeigt ein enges Lumen, oder die Membran ist ihm bis zum Verschwinden des letzteren verdickt. Manche Ustilagineen, zumal Ustilago receptaculorum, zeigen ferner das Episporium mit einem breiten, oft $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des Sporenumfangs einnehmenden helleren Flecke versehen, welcher einer dünneren, allmählich in die stärker verdickte und dunkler gefärbte übrige Wand übergehenden Stelle entspricht.

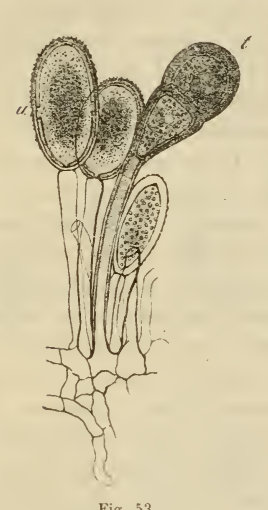


Fig. 53.

Als letztes Beispiel seien hier noch die zierlichen Längsstreifen auf den ovalen Sporen von Ascobolus furfuraceus und Verwandten erwähnt, welche Coemans als weisse Adern beschreibt. Sie sind enge, soviel ich erkennen konnte, völlig offene Längsspalten in dem schön violetten Episporium; das farblose Endosporium ist glatt, homogen und undurchbrochen.

Die Fälle, in denen das Episporium von der Innenhaut, schwer, kaum deutlich unterschieden werden kann, wegen der geringen Dicke beider Membranen oder einer derselben, bedürfen hier keiner ausführlicheren Besprechung.

Besondere Erwähnung dürfte die Structur der Sporen von Nyctalis und von Elaphomyces verdienen.

Fig. 53. Puccinia graminis, dünner Schnitt durch ein Sporenlager, 390mal vergr. *u* Uredosporen, mit 4 Keimporen im Aequator. *t* Teleutosporen, die obere mit einem Keimporus im Scheitel.

Die ersteren (vgl. Bot. Ztg. 1859, p. 386) entstehen einzeln, als spindelförmige oder sternförmig ausgezweigte Zellen auf den Enden oder in der Continuität der fruchttragenden Hyphen. Nachdem sie ihre volle Grösse erreicht haben, zieht sich der ursprünglich der Membran überall anliegende Protoplasmakörper aus den Enden der Zelle und den sternförmigen Aussackungen zurück, nach der Mitte hin zusammen, und an seiner Oberfläche tritt eine neue Membran auf. Letztere erhält doppelte Contouren; sie ist als Endosporium zu bezeichnen; die ursprüngliche, ebenfalls doppelt contourirte ungeschichtete und der letztgenannten gleichdicke als Episporium. Das Endosporium steht nur mit der mittleren Region des Epispors in Berührung, die Enden und Aussackungen des letzteren stehen weit von ihm ab, es nimmt gleichsam die Mitte eines mit wässeriger Flüssigkeit erfüllten Sackes oder Mantels ein, weshalb ich die in Rede stehenden Sporen einstweilen Chlamydosporen genannt habe.

Die Sporen von Elaphomyces (vgl. Tulasne, fung. hypog.; de Bary, Fruchtentw. der Ascomyc.) sind durch die enorme Dicke des Endosporiums ausgezeichnet. Dasselbe bildet weitaus die Hauptmasse der grossen kugeligen Spore; es umschliesst den verhältnissmässig engen Innenraum in Form einer bläulich glänzenden Masse von gallertartiger Beschaffenheit, gesondert in eine schmale, in Wasser, Säuren u. s. f. zu einem formlosen Schleim aufquellende äussere, und eine breitere, durch die genannten Agentien unverändert bleibende innere Lage; beide Lagen zeigen meistens noch untergeordnete Schichtungen. Das Episporium ist eine dünne, aber feste und spröde dunkel gefärbte Haut, welche dem Endospor eng anliegt und meist wiederum in zwei sehr dünne Schichten gesondert werden kann, deren äussere bei manchen Arten feinstachelig ist (Fig. 54).


Fig. 54.

Die verschiedenen Schichten und Häute der Sporenmembran, von denen bisher die Rede war, entwickeln sich, soweit die vorliegenden Beobachtungen reichen, in derselben Weise und Aufeinanderfolge wie die pflanzlichen Zellmembranen und ihre Schichten überhaupt. Es liegt daher kein Grund vor, auf ihre Entstehungsgeschichte hier ausführlicher einzugehen, als dies in den vorigen Abschnitten schon geschehen ist.

Eine Menge von Pilzsporen zeigt ausser den beschriebenen Membranen auf ihrer Oberfläche Umhüllungen oder Anhängsel, welche aus einer farblosen, durchsichtigen, unter Einwirkung von Wasser stark quellenden und meist rasch zerfliessenden und verschwindenden, durch wasserentziehende Reagentien schrumpfenden Gallerte bestehen. Sie mögen als Gallerthülle, Gallertanhängsel bezeichnet werden. Sie finden sich sowohl bei den in Ascis gebildeten, als bei acrogenen, bei einfachen und zusammengesetzten Sporen.

Von Ascosporen sind die vieler Sphaeriaceen (z. B. Massaria, vgl. Fresenius Beitr., Tulasne, Carp., ferner Sphaeriae spec., vgl. Sollmann, Bot. Ztg. 1862, 63); Xylaria pedunculata, zuerst erwähnt von Berkeley, 1838, in Magaz. of Zool. and Bot. Vol. II, p. 224, vgl. Tul. Carp. II.) mit einem verschieden breiten, sehr zart umschriebenen Gallerthof rings umgeben. Aehnlich verhalten sich Rhytisma Andromedae, Hysterium nervisequum und andere Hysterineen. Die

Fig. 54. Elaphomyces granulatus. Ascus mit 2 halbreifen, noch farblosen Sporen. Das relativ enge Lumen derselben an dem körnig trüben Inhalt kenntlich. Vergr. 390.

zusammengesetzte Spore von Sphaeria Scirpi ist in einen zarten durchsichtigen Sack eingeschlossen, der den Seiten eng anliegt, an jedem Ende dagegen zu einem langkegelförmigen Anhängsel ausgezogen ist. (Fig. 51. Pringsheim, Jahrb. I, Taf. 24). Anhängsel von pfriemenförmiger oder halbkugelig-buckeliger Gestalt zeigen die Enden der Sporen vieler anderer Sphaerien, z. B. Arten von Valsa, Melanconis (vgl. Tulasne, Carp. II, Fresen. Beitr. Taf. VII, 22, 21). Auf der einen Seite der kugeligen Sporen von Peziza melaena und der ovalen von Ascobolus albidus Coemans, A. furfuraceus P. liegt dem Episporium ein halblinsenförmiger, nach der Entleerung der Sporen in Wasser zu halb- und ganz kugeliger Form aufquellender Gallertanhang an; Peziza convexula und Ascob. immersus P. (Coemans l. c.) zeigen das ganze Epispor von einem breiten Gallerthof umzogen, die oben erwähnte gemeinsame Hülle der 8 Sporen von Asc. Kerverni dürfte wohl auch hierher gehören.

Von den acrogenen Sporen zeigt z. B. die als Myxocyclus confluens Riess beschriebene Form (vgl. Tul. carp.; Fresenius Beitr.) einen breiten Gallerthof um die grossen zusammengesetzten Sporenkörper. Die Sporenköpfchen von Acrostalagmus, die aus dicht gehäuften ästigen Sporenketten gebildeten Köpfchen von Myriocephalum botryosporum sind in eine massige Gallerthülle eingeschlossen, und so liessen sich viele Beispiele anführen. Auch die anscheinend homogene, meist sehr zerfliessliche Gallerte, von welcher die Stylosporenlager unzähliger Ascomyceten bedeckt und welcher die Sporen eingebettet sind, dürfte hier zu erwähnen sein.

Die morphologische Bedeutung der verschiedenen Anhängsel ist noch durch die Entwickelungsgeschichte genauer festzustellen. Die Gallerthöfe und massigen Gallertumhüllungen ganzer Hymenien dürften bei acrogenen Sporen wohl jedenfalls gallertige äussere Sporen- oder Sporenmutterzellhäute sein, oder das Product des Zusammenfliessens solcher. Für viele in Ascis erzeugte Sporen ist es a priori wahrscheinlich, dass die Anhängsel und Gallerthöfe gleichfalls partielle Verdickungen der äussersten Membranschicht sind, oder in einer gelatinösen Beschaffenheit der ganzen äussersten Lage ihren Grund haben. Auch sprechen hierfür Sollmanns Angaben (Bot. Ztg. 1862 und 1863), die aber wegen der in ihnen herrschenden Verwirrung der ersten histiologischen Schulbegriffe unzuverlässig sind. Der Sack, welcher die Spore von Sph. Scirpi umgibt, ist entschieden die primäre äusserste Membranschicht, welche der Spore zuerst überall knapp anliegt und sich mit der Reife an den Enden zu den kegelförmigen Anhängen ausdehnt. Es kommen aber auch Anhängsel anderen Ursprungs vor. Tulasne (Carpol. I. p. 80) beobachtete bei seiner Sphaeria praecox fadenförmige Appendices, welche dadurch entstehen, dass die Sporen innerhalb des Ascus zu keimen beginnen, indem sie an den Enden Schläuche austreiben. Ein bemerkenswerthes Beispiel für das Vorkommen von Anhängseln zweierlei Art sind die Sporen von Sordaria fimiseda Not. In der ersten Anlage sind dieselben zarte, ovale, unten in einen cylindrischen Stiel ausgezogene, protoplasmareiche Zellchen. Unter steter Vergrösserung aller ihrer Theile tritt nun zuerst an beiden Enden eine weich gallertige und fein längsgestreifte Verdickung ihrer Membran auf, die in Form eines spitz conischen, meist hakig gekrümmten Fortsatzes nach aussen vorragt und mit der übrigen Spore an Grösse zunimmt. Hat die Spore ihre Ausdehnung vollendet, so rückt alles Protoplasma aus dem cylindrischen

unteren in den ovalen oberen Theil; letzterer grenzt sich von jenem dann durch eine Querwand ab, seine Membran erhält Verdickungsschichten und allmählich schwarzviolette Farbe, während jener unverändert als ein hyaliner cylindrischer Stiel mit der dunkeln Spore in Verbindung bleibt (vgl. Fig. 55).



Fig. 55.

Von dem chemischen Verhalten der Sporenmembranen kennt man bis jetzt nur vereinzelte Thatsachen, an einer umfassenderen Bearbeitung fehlt es noch. Vielerlei Details hat Hoffmann (Pringsheims Jahrb. II. p. 308) zusammengestellt.

Die meisten Sporenmembranen sind nach der übereinstimmenden Angabe aller Beobachter durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit gegen Zersetzung und gegen heftig einwirkende Agentien, zumal concentrirte Mineralsäuren ausgezeichnet. Viele werden selbst von concentrirter Schwefelsäure nur wenig angegriffen, durchschnittlich um so weniger, je intensiver sie gefärbt sind, und, was damit meist zusammenhängt, das Episporium meist weniger als das Endosporium. Andere quellen in der genannten Säure mehr oder minder stark oder verschwinden gänzlich. In sehr vielen Fällen ist Anwendung von concentrirter Schwefelsäure

Fig. 55. Sordaria fimiseda de Not. Entwickelung der Sporen, Entwickelungsfolge den Buchstaben entsprechend. Alle Figuren gleich stark, nämlich 390fach vergr. *a—f* aus frisch freigelegten unversehrten Ascis; *f* ausgewachsen, aber mit noch durchsichtiger, gelbbrauner Membran, oben der Keimporus deutlich. *g* reife, entleerte Spore, Membran dunkel schwarzviolett.

ein vortreffliches Mittel, um feinere Structurverhältnisse des Epispors deutlich zu machen, theils weil dieses in derselben durchsichtiger, theils weil die anderen Theile zerstört werden oder aus dem spontan berstenden oder leicht zu sprengenden Epispor austreten.

Durch kochende Kalilösung werden die gefärbten Episporien in der Regel mehr oder minder zerstört, die netzförmig verdickte Aussenmembran von Tuber aestivum nach Schacht (Anat. und Phys. II, 193) vollständig; ebenso die fein warzige äusserste Schicht vieler Uredineensporen (de Bary, Brandpilze). Die erwähnten Membranen gleichen daher in ihrem Verhalten gegen Reagentien den Cuticularschichten oder der Cuticula höherer Gewächse.

Mit wenigen, nachher zu nennenden Ausnahmen werden die Membranen der Sporen auch nach Maceration mit Kali oder Schulze'scher Mischung durch Jod und Schwefelsäure gelb oder gar nicht, nicht blau gefärbt; sie gleichen hierin der Mehrzahl der Pilzhyphen.

Das Gesagte gilt sowohl für die einzelnen, einfachen Sporen im strengen Sinne des Wortes, als für die Mutterzellmembranen zusammengesetzter.

Die Gallerthüllen und Anhänge und die übrigen gelatiniösen Schichten, von denen schon die Rede war, verhalten sich gegen Reagentien den gleichnamigen Körpern anderer Organe und Gewächsclassen gleich. Sie sind in der Regel sehr vergänglich und werden rasch unkenntlich, wenn die Sporen in oder auf Wasser gesät werden.

Der Cellulose höherer Gewächse vollkommen gleich, auch gegen Jod und Schwefelsäure, verhält sich die ganze Membran der Sporen von Peronospora. Durch wässerige Jodlösung allein wird die ganze Sporenwand von Currey's Amylocarpus intensiv blaugefärbt, ebenso die Gallerthülle der Sporen von Xylaria pedunculata (s. Tul. carp. u. Ann. Sc. nat.) Bei den Sporen von Corticium amorphum Fr. (Fig. 45) färbt sich die der Cuticula anderer Sporen entsprechende äusserste fein stachelig warzige Schichte des Episporiums durch wässerige Jodlösung schön hellblau, durch Jod und Schwefelsäure dunkelblau; ihre Stachelchen nehmen an der Färbung Theil, die innere, mächtigere Schichte des Episporiums und das Endospor bleiben ungefärbt.

Der Inhalt (Kern, Nucleus nach Corda und Tulasne) der Pilzsporen besteht aus einer homogenen oder mit Körnern oder Fetttropfen verschieden reichlich durchsäten Protoplasmamasse. Er erscheint bei Betrachtung der einzelnen Spore mit dem Mikroskope in der Regel farblos, seltener (z. B. bei den meisten Uredineen rothgelb, bei Corticium amorphum rosa) gefärbt. Gegen Reagentien zeigt das Protoplasma, soweit die Untersuchungen reichen, das gleiche Verhalten wie anderwärts, eine ausführliche Beschreibung ist daher überflüssig.

Das Oel, welches es in vielen Fällen enthält, tritt häufig in Form grosser kugliger Tropfen auf: bei Peziza Acetabulum, Helvella elastica z. B. nimmt ein solcher, oft noch von kleineren umgeben die Mitte der Sporen ein. In vielen anderen Fällen sind kleinere Oeltröpfchen in dem Protoplasma regellos vertheilt, oder in ziemlich constanter Zahl an bestimmte Orte gestellt. Der bekannteste und auffallendste Fall dieser Art findet sich in den elliptischen Sporen von Peziza vesiculosa, Sclerotiorum, Helvella esculenta (Fig. 59) und anderen, welche in den Brennpunkten in der Regel je einen, seltner zwei Oeltropfen zeigen. (Bei P. tuberosa und hemisphaerica sah ich an denselben Punkten bei Anwendung von Jod runde

oder unregelmässige, vorher nicht sichtbare Körper auftreten, welche die rothbraune Epiplasmafarbe annahmen, während der übrige Inhalt gelb wurde).

Von den feineren Körnchen, welche das Protoplasma oft dicht erfüllen, dürfte gleichfalls ein grosser Theil aus Fett oder Oel bestehen, das emulsionsartig in der eigentlichen Protoplasmamasse vertheilt ist (vgl. Hoffmann, Pringsh. Jahrb. II, 308 u. f.).

Auch die Farbe der Uredineensporen (andere sind in dieser Hinsicht nicht genauer untersucht) rührt von einem gefärbten Oele her, welches die schon auf Seite 11 erwähnte Eigenthümlichkeit zeigt, durch Schwefelsäure (Zusatz von anderen Agentien ist gleichgültig) blaue, bald in Grün übergehende und verbleichende Farbe anzunehmen.

Ein Zellkern ist in den reifen frischen Sporen nur selten (Erysiphe Cichoracearum, Pilobolus) leicht und deutlich zu unterscheiden, selbst nicht in denen, wo er in der Jugend sehr in die Augen fällt und das Protoplasma nicht durch Körner oder grosse Oeltropfen getrübt ist, wie bei Ascobolus furfuraceus und den meisten der auf S. 102—104 genannten Discomyceten; allerdings gelingt es hie und da, sein Vorhandensein auch in den völlig reifen Sporen dieser Pilze nachzuweisen. Wie schon oben erwähnt wurde, sieht man in vielen acrogenen Sporen (z. B. Hymenomyceten, Uredineen-Teleutosporen) in der Mitte des Protoplasmas einen kugeligen hellen Raum durchschimmern, von dem es noch unentschieden ist, ob er als Zellkern oder als Vacuole bezeichnet werden muss. Was bisher als Kern der Pilzsporen beschrieben ist, sind mit Ausnahme einiger von mir (Ascomyc.) untersuchter Fälle, entweder Oeltröpfchen, deren wahre Natur und Verschiedenheit vom Zellkern etwas Aether leicht ins Klare bringt; oder es wird nach Corda's neuerdings von Tulasne adoptirter Terminologie, der ganze Protoplasmakörper der Spore Kern, nucleus genannt, eine Bezeichnung, die an sich recht gut, aber darum verwerflich ist, weil für die Zellen der Pilze doch nur die Terminologie gelten kann, welche auch für andere Zellen im Gebrauch ist. —

Der Inhalt der Sporen ist im frischen Zustande wasserreich und saugt, wenn trocken, aus feuchter Umgebung Wasser begierig ein. Unter dem Mikroskop erscheint eine frische im Wasser liegende Spore von ihm strotzend angefüllt. Beim Austrocknen schrumpft der Inhalt, und bei zartwandigen Sporen sinkt die Membran mit ihm ein, entweder unregelmässig, oder so, dass die vorher kugelige oder ovale Spore die Gestalt einer concaveonvexen Linse erhält, deren Ränder sich oft noch einrollen, um dem Ganzen kahnförmige Gestalt zu geben. In manchen Fällen (bei Peziza abietina und in den Sporangien von Cystopus candidus nach Hoffmann, ferner Pez. melaena, Sordaria curvula n. sp., auch bei den in Ruhezustand übergegangenen Asci des Protomyces macrosporus) tritt in dem Inhalt austrocknender Sporen eine Luftblase auf. Dies rührt wenigstens in den drei letztgenannten von mir untersuchten Fällen daher, dass irgend ein Gas in der Inhaltsflüssigkeit die frischen turgiden Spore gelöst ist, und frei wird sobald der Wassergehalt des Inhalts in gewissem Grade vermindert wird. Denn die Luftblase tritt auch auf, wenn man auf die unter Wasser liegenden Sporen wasserentziehende Reagentien (Glycerin, Alkohol, Schwefelsäure) einwirken lässt und wird rasch kleiner, um bald zu verschwinden, wenn man genannte Reagentien wiederum durch Wasser ersetzt.

Litteratur,

der Bildung und Entwicklung der Sporen.

Organe, welche den Samen der Phanerogamen ähnlich zu neuen Individuen heranwachsen, wurden bis zu Tournefort's und Micheli's Zeiten (1707, 1729) den Pilzen entweder abgesprochen, oder man frug wenigstens nicht viel danach. Einzelne Stellen, welche von Pilzsamen reden, finden sich allerdings schon bei den Alten.

Man vergleiche hierüber besonders Ehrenberg, Ep. de Mycetogenesi. Tulasne, Sel. fung. carpologia. Prolegomena, Cap. I et IV.

Die Entwicklung der Sporen wurde zuerst vorzugsweise bei den grösseren Schwämmen untersucht. Micheli, Nov. plant. genera (1729) sah die tetradenweise Gruppirung der Sporen auf den Lamellen von Agaricis (l. c. p. 133. Tab. 73, 76), ohne jedoch ihre Befestigungsart zu erkennen; dagegen erkannte er deutlich die Asci von Tuber und die Sporen in ihnen (l. c. p. 221, Tab. 102). Bulliard (Champ. de Fr. 1791) erkannte die Sterigmen (filets), denen die Sporen der Hymenomyceten aufsitzen, O. F. Müller (Flora Danica, Fasc. XIV) hatte schon 1780 die Sporentetraden von Coprinus comatus vortrefflich dargestellt; Hedwig, Descript. etc. Musc. frond. (1788) entdeckte die achtsporigen Asci der Discomyceten; er selbst und die Autoren der nächstfolgenden Zeit fanden diese Organe allmählich bei der Mehrzahl der Ascomycetenordnungen; insonderheit beschreibt sie Persoon 1794 für Peziza, Helvella, Morchella, Ascobolus, Sphaeria, Geoglossum, in seinem epochemachenden Versuch einer systematischen Eintheilung der Schwämme, in Römer's neuem Magazin f. Bot. I, p. 62 u. f. Vergl. ferner Persoon, Icon. et descr. fungorum I. (1798) p. 6 u. p. 25. J. Hedwig, Theor. generat. et fructif. plant. Cryptog. Ed. 2. (1798); von Späteren Ditmar, in Sturm's D. Fl. III, 1 u. s. w.

Reproducirt sind viele Darstellungen dieser älteren Autoren in Nees v. Esenbeck, System der Pilze und Schwämme. Würzburg 1817.

Die Auffindung der Asci bei einer grösseren Anzahl von Pilzen führte zunächst zu der irrigen Annahme, alle höheren Schwämme, speciell die Hymenomyceten, seien mit solchen Organen versehen. Sie findet sich ausgesprochen seit Persoons citirtem »Versuch« und besonders Links observationes in Ord. plant. naturales I (Magazin d. Ges. naturf. Freunde, Berlin, 1809), bis in die neuere Zeit (Fries, Syst. mycolog. Epicrisis syst. mycolog.): und selbst, wenngleich undeutlich, in Abbildungen dargestellt (Vgl. Nees Syst. d. P.). Für ausführlichere historische Angaben verweise ich auf Berkeley's, Phoebus' und Léveillé's zu citirende Arbeiten.

Vittadini, Monogr. Tuberacearum (nach Tulasne, mir fehlt das Buch) entdeckte 1831 die Basidien bei Boletus und Hymenogaster, oder entdeckte sie von neuem. Allgemeiner erkannt und genauer studirt wurden sie aber erst, zunächst für die Hymenomyceten, seit den classischen gleichzeitigen Arbeiten Léveillé's, Recherches sur l'Hyménium des Champignons, Annales d. sc. nat. 2. Sér. Tom. VIII. (1837) und Berkeley's, On the fructification of Hymenomycet. fungi, in Ann. of Nat. Hist. Vol. I (1838) p. 80. Von diesen unabhängig erhielten Andere mit ihnen übereinstimmende Resultate, die jedoch später zur Veröffentlichung kamen:

Ascherson, in Wiegmanns Archiv 1838 und Frorieps Notizen, Band 50.

Phoebus, Ueber den Keimkörnerapparat d. Agaricinen u. Helvellaceen. Nov. Act. Acad. Natur. Cur. Vol. XIX, II. (1842).

Corda, Icon. fungorum Tom. III. p. 40 (1839); frühere Beob. Corda's sind daselbst erwähnt. Die Basidien der Gastromyceten lehrten zuerst Berkeley und Tulasne (s. pag. 94) genauer kennen; die der Tremellinen Tulasne erst in neuerer Zeit: Ann. Sc. nat. 3. Sér. Tom. XIX.

Von späteren Beobachtern der Basidien ist hier noch zu citiren Schmitz, Ueber Thelephora hirsuta etc. Linnaea Bd. 17 (1843).

Die Asci wurden gleichfalls genauer bekannt durch Léveillé und Phoebus (l. c.), ohne dass jedoch den Beobachtungen Früherer sehr Wesentliches hinzugefügt worden wäre. Mit der Structur des Hymeniums und dem Ursprung seiner Theile mussten sich die genannten Schriftsteller selbstverständlich auch beschäftigen; für die Gastromyceten wurde die Sache vorzugsweise durch Tulasne's neuere Arbeiten aufgeklärt (Fungi hypogaei). Bei den übrigen Schwämmen wurde jedoch bis in die neueste Zeit das zarte subhymeniale Gewebe übersehen oder misskannt. Schacht (Pflanzenzelle), Hoffmanns und meine Arbeiten, welche auf S. 74 citirt sind, haben es vollständiger als frühere beschrieben.

Von den einfacheren Pilzformen, den Hyphomyceten, stellt schon Micheli (N. gen. Tab. 91) die acrogenen Sporen bei Botrytis und Aspergillus als auf den Enden der Hyphen sitzend dar. Spätere geben lange Zeit hindurch theils ähnliche Darstellungen, theils konnte ihnen weder Ursprung noch Insertion der Sporen klar sein. Erst Corda's spätere Arbeiten, Fresenius' Beiträge, Bonorden (s. dessen allgem. Mycologie) fassten die Fragen nach der Entstehung der Sporen schärfer ins Auge. Auf diese Werke und auf die descriptive Litteratur muss hier verwiesen werden, bestimmte Wendepunkte traten in der Bearbeitung dieser Verhältnisse nicht ein.

Was die erst in neuerer Zeit bearbeitbar gewordenen feineren histiologischen und entwicklungsgeschichtlichen Fragen betrifft, so ist die Sporenentwicklung in den Ascis, wie ich glaube, von mir am genauesten erforscht worden: Ueber die Fruchtentwicklung der Ascomyceten. Leipzig 1863, nachdem zahlreiche Vorarbeiten eine präcisere Fragestellung ermöglicht hatten, nämlich:

Nägeli, In Linnaea Bd. XVI, p. 257. Zeitschr. f. wiss. Bot. Heft I, p. 45, Heft III u. IV. p. 23.
Schleiden, Grundzüge, 3. Aufl. II, p. 45.
Corda, Icon. fung. Vol. III, 38; V, 69, 74, 80.
Fresenius, in Flora 1847, p. 11.
Schacht, Pflanzenzelle, p. 52. Anat. u. Physiol. d. Pfl. I, p. 71. 73, 170.
Kützing, Philosoph. Botanik, p. 236.
Tulasne, Fungi hypogaei. Selecta Fungor. Carpol. I.
Hofmeister, in Pringsheims Jahrb. Bd. II, p. 378. (Tuber aestivum).
Sollmanns Beiträge zur Kenntniss der Sphaeriaceen (Bot. Zeitg. 1862 u. 1863) bringen aus oben angegebenen Gründen keine wesentliche Bereicherung unserer Kenntnisse.

Die Beschreibungen der Sporenbildung bei den Mucorinen stellen diese ähnlich wie die in den Ascis dar:

Corda, Icon. fung. II, p. 19.
Fresenius, Beiträge, p. 6.

Schacht und Hoffmann (l. citand.) betrachten die Sporangien dieser Pilze geradezu als Asci. Cohn (Entw. des Pilobolus, N. Act. Vol. XIII, Coemans, Monogr. du genre Pilobolus, in Mém. prés. de l'acad. Brux. Tom. XXX, und ich (Beitr. zur Morph. u. Phys. d. Pilze, p. 83) haben sie kurz beschrieben. Die Entwicklung der Sporen der Saprolegnieen und Peronosporeen findet sich (nebst ausführlicheren Citaten der älteren Litteratur) bei:

Pringsheim, Entwicklg. d. Achlya prolifera. N. Act. Acad. Nat. Cur. Vol. XXIII, p. 1.
A. Braun, Verjüngung p. 287.
de Bary, Bot. Zeitung, 1852, p. 473.
Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. I, 290. II, 205.
de Bary, Ibid. II, 169.
Schenk, Verhandl. d. phys. Ges. in Würzburg, Bd. IX.
B. Prévost, Mémoire sur la cause imméd. de la Carie ou charbon des blés. Montauban 1807. (Schwärmsporen von Cystopus).
de Bary, Ueber Schwärmsporenbildung bei Pilzen, Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg. Bd. II. p. 314. Ann. sc. nat. 4. Sér. Tom. XIII. Sur le développement de quelques Champ. paras. Ibid. 4. Sér. Tom. XX.

Auch die Sporenabschnürung wird von vielen neueren Autoren als ein Process freier Zellbildung aufgefasst, von dem in den typischen Ascis nur dadurch verschieden, dass die Tochterzellen in besonderen Ausstülpungen des Ascus entstehen. Vittadini (l. c.) lässt sogar die Spore der Hymeno- und Gastromyceten im Innern des Basidiums entstehen und zuletzt, in einer hernienartigen Ausstülpung der innern Membranschicht (Sterigma) eingeschlossen, nach aussen hervortreten; ähnlich ist die Ansicht von Montagne (Esq. org. etc.) Schleiden, Grundzüge, Band II, p. 38 (3. Aufl.). Schacht, Pflanzenzelle, p. 54. Anat. u. Phys. d. Gew. I, p. 74, vertreten die oben genannte Meinung, und am schroffsten H. Hoffmann, Botan. Zeitg. 1856, p. 153 und in Pringsheims Jahrb. Band II, p. 303. Hier heisst es: »Ein Grundtypus, mannichfach variirend, kehrt immer wieder: die Sporen entstehen durch freie Zellenbildung im Innern von Mutterzellen (Schläuchen), welche bald mit ihnen verkleben (Phragmidium, Agaricus, Phallus) bald die Spore oder die Sporen nur locker umhüllen (Mucor, Peziza, Tuber etc.).« Nach den mitgetheilten Thatsachen und den hier nicht zu erörternden Grundbegriffen der Zellenlehre ist die Unhaltbarkeit dieser Ansicht unzweifelhaft. Berkeley (s. Ann. Mag. nat. Hist. vol. IX, 1842, p. 9, 283, Anm.) und Tulasne (ll. cc.) haben die hier im Texte vorgetragene Auffassung des Abschnürungsprocesses von jeher den entgegengesetzten Anschauungen gegenüber vertreten.

III. Ausstreuung der Sporen und Sporangien.

Die durch Abschnürung frei werdenden Fortpflanzungszellen der Pilze lösen sich von ihren Trägern los, wie S. 120 beschrieben wurde; sie werden vollends frei, wo, wie z. B. bei den Lycoperdaceen, Phalloideen, die Basidien nach vollendeter Sporenbildung völlig resorbirt oder in Gallerte umgesetzt werden. Ihre Aussaat wird, bei Fruchtträgern, welche ganz oder grösstentheils geschlossen bleiben, wie bei den meisten Gastromyceten, nur durch zufällige Erschütterung, Zerstörung, Zersetzung u. s. w. des sie umschliessenden Behälters möglich; eine wichtige Rolle müssen bei derselben die den Pilzen nachstellenden Thiere, zumal Insecten spielen. Von letzteren werden allerdings auch sehr oft die Sporen massenhaft gefressen und zerstört, ihre Membranen gehen, zu Cylindern zusammengeballt, mit dem Kothe der Thiere ab, und solche Cylinder sind zu wiederholten Malen als die charakteristischen Fructificationsorgane von Pilzen beschrieben werden, weshalb sie hier zur Warnung erwähnt sein mögen [1]).

Wo die abgeschnürten Sporen auf offenen Fruchtlagern reichlicher Gallerte eingebettet sind, welche im Wasser bis zum Zerfliessen quillt, beim Trocknen fest wird, hängt ihre Ausstreuung selbstverständlich von dem Wassergehalte der Umgebung, im Freien vorzugsweise von den atmosphärischen Niederschlägen ab.

Auch bei nicht gelatinösen offenen Sporenlagern oder Behältern, in welchen die Sporen dicht gedrängt nebeneinander liegen, z. B. den Uredo-Lagern und Aecidien übt die Feuchtigkeit der Umgebung auf die Ausstreuung der Sporen einen erheblichen Einfluss aus. Werden die genannten Fruchtträger zur Zeit der Reife in wasserdunstgesättigte Luft gebracht und die Pflanzentheile, von welchen sie getragen sind, feucht gehalten, ohne dass jedoch das Fruchtlager selbst mit dem tropfbaren Wasser in Berührung kommt, so schwillt die reife Sporenmasse an und längstens nach einigen Stunden sind eine Menge Sporen über den Rand

1) z. B. Ditmar, in Sturms Flora, III, 1, Tab. 38. Corda, Icon. fung. VI, Tab. III, 40. Vgl. hierüber auch Tulasne, in Ann. sc. nat. 4. Sér. Tom. XI. p. 152.

des Lagers oder Behälters hinaus verbreitet. Der Grund dieser Erscheinung liegt wohl darin, dass die lufttrockenen reifen Sporen dunstförmiges wie tropfbarflüssiges Wasser begierig aufsaugen und durch dasselbe bedeutend anschwellen, was leicht direct zu beobachten ist; dass daher, unter den oben genannten Bedingungen die ganze Sporenmasse an Volumen beträchtlich zunehmen, über den Rand des Lagers oder Behälters hinaus anschwellen und theilweise ausfallen muss. Die Turgescenz der Pflanzentheile, auf welchen sich die Uredineen entwickeln, mag fördernd mitwirken. In mässig feuchter oder trockner Umgebung fallen fortwährend einzelne, doch verhältnissmässig wenige Sporen von den Lagern oder Behältern ab.

Von den Fruchtlagern der Hymenomyceten und den Fruchthyphen der sporenabschnürenden Hyphomyceten lösen sich die reifen Sporen fortwährend los und fallen, falls sie nicht durch Gallerte festgehalten sind, ab. Es ist längst bekannt, dass das nach oben gekehrte Hymenium eines Hymenomyceten allmählich von freien Sporen bestäubt wird, und dass, wenn es nach unten gekehrt ist, die Sporen von ihm in Menge abfallen. Ihr Fall erfolgt theilweise in genau senkrechter Richtung, wie aus der bekannten Thatsache hervorgeht, dass auf einem unter dem frei stehenden Hymenium eines Agaricus befindlichen Blatt Papier die abgefallene Sporenmasse eine radiale Streifung zeigt, welche dem radialen Verlaufe der Lamellen des Agaricus genau entspricht.

Ausserdem findet aber bei den in Rede stehenden Pilzen eine Dispersion der Sporen in anderer Richtung als der des freien Falls statt. Wie schon Bulliard (Champ. de Fr. I, p. 51) angibt und Hoffmann und de Seynes (l. c.) neuerdings bestätigt haben, fallen von einem nach unten gekehrten Agaricushymenium viele Sporen weit über die dem Hutrande entsprechende Linie hinaus nach aussen. Hofmann sah von Polyporus destructor in schwach bewegter Luft ganze weisse Wolken von Sporen rauchartig aufsteigen, »in vollständig abgeschlossener und völlig ruhender Luft gelangte dagegen keine Spore auf eine Glasplatte, welche nur $^3/_4$ Zoll über dem Pilze schwebte, während auf einer $2^1/_2$ Zoll unterhalb des Pilzes befindlichen Glastafel die Sporen über das Sechsfache des Pilzumfanges fast gleichmässig bis an den Rand bedeckten.« Andere Hymenomyceten verhielten sich im Wesentlichen ebenso.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen dürfte eine bei sporenabschnürenden Hyphomyceten, zumal Peronospora, leicht zu wiederholende Beobachtung dienen. Die fruchttragenden Hyphen dieser Pilze sind im feuchten Zustande turgid, cylindrisch, im trocknen collabiren sie, zumal zur Zeit der Sporenreife, zu bandförmig-platter Gestalt und drehen sich dabei um so stärker um die eigene Längsachse, je stärker die Austrocknung ist. Sie sind höchst hygroscopisch, die geringste Aenderung in dem Dunstgehalt der umgebenden Luft, wie sie z. B. durch den Hauch des Beobachters hervorgebracht wird, lässt sofort Wechsel ihrer Turgescenz und Torsionen eintreten. Durch letztere werden die fruchttragenden Enden hin und her gequirlt und die darauf gereiften Sporen, wie sich leicht beobachten lässt, zur Seite geschleudert.

Soweit bis jetzt ermittelt werden konnte, zeigen die Sterigmen der Hymenomyceten ähnliche hygroscopische Erscheinungen und Drehungen, wie die beschriebenen, und auch in ruhender abgeschlossener Luft werden solche an den reifen Basidien immer auftreten, da ja in der Umgebung dieser durch das Her-

vortreten neuer Basidien, Sterigmen und Sporen eine andauernde Bewegung herrscht. Allerdings ist diese Erklärung noch durch genaue Versuche zu prüfen.

Die durch Zelltheilung gebildeten Sporen werden bei der Mehrzahl der Mucorinen — von Pilobulus weiter unten — durch Zerfallen, Desorganisation der Mutterzellmembran frei. Die Schwärmsporen der Saprolegnieen und Peronosporeen werden aus einer circumscripten Oeffnung, in der Regel am oberen Ende der Mutterzelle, ausgetrieben. Der Ort der Oeffnung ist in vielen Fällen schon vor der Entleerung durch eine partielle Verdickung der Mutterzellmembran ausgezeichnet, welche oft papillenartig nach aussen vorspringt (Peronospora Fig. 52); die Oeffnung entsteht, indem die erwähnte verdickte Membranstelle, oder bei anderen Formen (Saprolegnia, Aphanomyces) eine ihr entsprechende nicht verdickte, zur Zeit der Reife bis zur Unkenntlichkeit aufquillt. Die Zoosporen werden an dem zunächst nur aufgelockerten Punkte der Sporangiummembran dadurch hervorgepresst, dass eine sie umgebende Gallertmasse gleichfalls aufquillt sobald sie, nach entstandener Oeffnung, mit dem umgebenden Wasser in Berührung kommt. Die Vorgänge hierbei sind den bei den Algen stattfindenden in der Hauptsache gleich, es ist daher hier von einer ausführlichen Beschreibung derselben abzusehen. Die zarte Blase, in welcher bei Pythium die Sporenbildung stattfindet (s. p. 122), öffnet sich gleichfalls in der angegebenen Weise an einem bestimmten Punkte, oder scheint völlig zu zerfliessen, entschwindet wenigstens zuletzt der Beobachtung.

Eine eigenthümliche, anderwärts nicht vorkommende Erscheinung tritt bei der Entleerung der Zoosporangien von Achlya, Aphonomyces und Achlyogeton auf. Hier werden die Zoosporen, ohne bereits selbständige Bewegung zu zeigen, aus der terminalen Oeffnung hervorgepresst; vor dieser angelangt nehmen sie Kugelform an und gruppiren sich, dicht neben einander, zu einem Köpfchen von der Gestalt einer aus einer bis zwei Schichten von Sporen bestehenden Hohlkugel. Auf der Oberfläche jeder Spore wird dabei eine (vorher nicht nachweisbare) zarte aber deutliche Cellulosemembran ausgeschieden. Nach mehrstündiger Ruhe schlüpfen endlich die Sporen, eine nach der anderen, aus ihren Membranen aus, die ausgeschlüpften Sporen zeigen alsbald die Cilien an ihrer Oberfläche und zerstreuen sich in dem umgebenden Wasser mit der gewöhnlichen Zoosporenbewegung. Zuletzt sind alle Membranen des Köpfchens leer, ein zartes, bald verschwindendes kugeliges Zellnetz auf dem Gipfel des leeren Sporangiums bildend.

Ausführlicheres über die Zoosporenentleerung s. in den S. 135 angeführten Arbeiten. Ueber Achlyogeton: Schenk, in Bot. Zeitg. 1859.

Von den durch Zelltheilung entstehenden, nicht von ihren Trägern sich lösenden Sporen ist hier nicht weiter zu reden. Ihre Verbreitung hängt von den Zufälligkeiten ab, welche die Zerstörung oder Verschleppung ihrer Träger oder ihres Substrats bewirken.

Von den mit Ascis versehenen Pilzen verhalten sich die Tuberaceen den Gastromyceten, insonderheit den Hymenogastreen gleich; die Sporen werden erst durch Zerstörung der Peridie frei. Bei Elaphomyces ist dasselbe der Fall, nur mit dem Unterschiede, dass hier innerhalb der geschlossenen Peridie die Membran der Asci gallertartig aufquillt und bald völlig verschwindet, wenn die Sporen erst etwa die Hälfte ihrer definitiven Grösse erreicht haben. Letztere werden

somit unreif aus den Ascis entleert und wachsen, frei im Innern der Peridie liegend noch etwa um's Doppelte. In der reifen Peridie stellen sie ein trocknes Pulver dar, dessen Aussaat wiederum erst nach Zersetzung oder gewaltsamer Zerstörung der Peridie erfolgt. Auch bei den Erysipheen werden die Sporen erst durch allmähliche Verwesung ihrer Umhüllungen frei.

Bei der Mehrzahl der Ascomyceten werden die Sporen aus dem sich öffnenden Ascus zur Zeit der Reife ausgeleert. Der Mechanismus, durch welchen dieses geschieht, ist, soweit die Untersuchungen reichen, ein verschiedener bei den mit offen liegender Hymenialfläche versehenen Discomyceten, denen sich Protomyces macrosporus anschliesst einerseits, und den Pyrenomyceten (denen sich vielleicht manche Hysterineen anreihen) andrerseits.

Von den Discomyceten habe ich die Sporenentleerung untersucht bei Exoascus (Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Pilze I), Morchella esculenta, Ascobolus furfuraceus und mehreren Arten von Peziza, Helvella, Rhytisma.

Nach Bildung der Sporen verschwindet, wie oben beschrieben wurde, das Protoplasma und Epiplasma, sie werden durch wässerige Flüssigkeit ersetzt, die Sporen sind in letzterer suspendirt und gruppiren sich reihenweise oder unregelmässig in dem oberen freien Theil der Asci. Letztere bleiben stets (auch bei Ascobolus) mit ihrem unteren Ende an der Subhymenialschicht befestigt, sie nehmen von der Vollendung der Sporenbildung an stetig an Umfang, und zwar besonders an Länge zu, ihre oberen Enden treten daher zur Zeit der Sporenreife über die von den Enden der Paraphysen und jungen Asci gebildete Hymenialfläche hervor, verschieden weit je nach den Arten, am weitesten bei Ascobolus, wo die stumpf-kegelförmigen Enden der reifen Asci hoch über das übrige Hymenium hervorragen, fast mit blossem Auge erkennbar sind und zu der Fabel Anlass gegeben haben, die Asci würden aus dem Hymenium ausgeworfen, oder nach einer neueren Version (Crouan, Coemans) sie lösten sich von der Subhymenialschicht los, um in die Oberfläche des Hymenium emporzurücken und, hier mit ihrer Basis zwischen die Paraphysen eingeklemmt, die Sporen zu entleeren. In gleichem Maasse wie der Umfang nimmt die Menge der wässerigen Flüssigkeit in dem Ascus zu. Die in den in Rede stehenden Fällen ungeschichtete, ziemlich dünne und wenig quellbare Membran, welche stets von dem Primordialschlauch ausgekleidet bleibt, mag der Vermehrung der Inhaltsflüssigkeit anfangs durch Flächenwachsthum folgen; jedenfalls wird sie aber durch die sich anhäufende Inhaltsflüssigkeit in hohem Grade, nämlich um $^1/_4$ bis $^1/_3$ ihres Umfanges mechanisch ausgedehnt. Sie behält dabei eine hohe Elasticität. Eine Stelle, die als die R i s s s t e l l e bezeichnet werden soll, ist von der übrigen Wand durch geringere Dehnbarkeit und Festigkeit ausgezeichnet. Sie liegt in oder nahe dem Scheitel des Ascus. Eine Zeit lang widersteht die ganze Membran dem steigenden Drucke der Inhaltsflüssigkeit. Endlich wird dieser Widerstand in der Rissstelle überwunden, diese geöffnet und die Spannung aufgehoben, die elastische Wand des Ascus schnurrt daher in demselben Augenblick auf $^3/_4$ bis $^2/_3$ ihres bisherigen Umfangs zusammen, die Sporen werden hierdurch miteinander und mit einem Theile der Inhaltsflüssigkeit aus dem Risse hervorgespritzt. Der zusammenschnurrende Ascus zieht sich im Momente der Entleerung unter das Niveau des Hymeniums zurück und entschwindet somit der oberflächlichen Beobachtung (Fig. 56). Der Primordialschlauch folgt den beschriebenen Bewegungen

passiv; im Augenblick der Ejaculation löst er sich oft theilweise von der Membran los und wird manchmal ein Stück weit aus der Oeffnung hervorgestossen. Die Rissstelle selbst ist entweder der im Scheitel des Ascus vorgebildete, durch Gallerte verstopfte Porencanal (Peziza Sclerotiorum, tuberosa und Verwandte, vgl. p. 110), oder (Rhytisma acerinum) ein kurzes, das oberste Ende bildendes Spitzchen, oder der Scheitel des Ascus reisst mit einer zuvor nicht angedeuteten weiten und oft unregelmässigen Oeffnung auf (Pez. confluens, cupularis, Exoascus Pruni), oder der Riss erfolgt ringförmig dicht unter dem Scheitel, dieser wird somit als ein kleiner Deckel (Fig. 56) von der runden Oeffnung abgehoben (Helvella crispa, Peziza convexula, pitya, melaena, Acetabulum, und ebenso, aber keineswegs ausschliesslich, wie Crouan, Coemans, Tulasne angeben, Ascobolus).

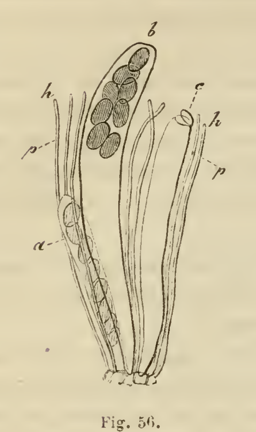


Fig. 56.

Man kann den beschriebenen Ejaculationsprocess direct beobachten, wenn man Durchschnitte reifender Hymenien rasch in einen Wassertropfen unter das Mikroskop bringt, und der dargestellte Mechanismus desselben wird durch einige einfache Versuche und Beobachtungen erwiesen. Dass die Ascuswand elastisch und durch den Druck der Inhaltsflüssigkeit mechanisch gedehnt und gespannt ist, zeigt sich am deutlichsten, wenn man einen noch nicht geplatzten reifen oder nahezu reifen Ascus quer durchschneidet. Die dem Schnitt nächstliegenden Sporen werden alsdann aus diesem sofort ausgetrieben, die Wand des Schlauches zieht sich zu einem viel kleineren, den obigen Angaben entsprechenden Umfang zusammen; während sie ursprünglich von den Sporen weit abgestanden hatte, legt sie sich diesen jetzt eng an oder schnürt sich selbst zwischen je zweien ein; sie bleibt dabei glatt und nimmt an Dicke deutlich zu, an dem oberen Ende der Asci von P. tuberosa, Sclerotiorum und ähnlichen um mehr als das Doppelte, die Schichtung und der Porencanal werden bei diesen Arten erst nach der Oeffnung des Ascus (oder der gleich zu erwähnenden Manipulation) deutlich. Vermindert man an intacten Ascis die Menge und Spannung der Inhaltsflüssigkeit durch langsame Einwirkung wasserentziehender Reagentien, wie Alkohol, Glycerin, so zieht sich der Ascus auf ein kleineres Volum zusammen, sein Scheitel tritt unter das Niveau der Hymenialfläche, die Dicke der Membran steigt mit der Verminderung des Volumens bis zu dem bei der Durchschneidung sofort eintretenden Maximum. Umgekehrt wird die Ejaculation dadurch beschleunigt, dass man die Asci in Wasser legt, also die Möglichkeit endosmotischer Wasseraufsaugung herstellt oder dass man den Druck auf die Membran von aussen her (durch Auflegen oder Aufpressen eines Deckglases) steigert. Die Ejaculation tritt bei diesen Versuchen auch an Ascis ein, welche noch nicht die Ausdehnung völlig reifer erreicht haben; sie erfolgt um so rascher und energischer je näher die Asci dem Maximum der Spannung sind. Nach dem Gesagten muss

Fig. 56. Ascobolus furfuraceus P. Stück eines Durchschnitts durch das Hymenium, 195fach vergr. *h—h* die durch die Enden der Paraphysen (*p*) bezeichnete Hymeniumoberfläche. *a* junger Ascus. *b* fast reifer, über *h—h* vorragend. *c* eben solcher, der sich während der Beobachtung entleert und verkürzt hat, mit offenem Deckel an der Spitze.

auch in dem intacten frischen Hymenium die Ejaculation beschleunigt werden durch Vermehrung des von Aussen auf die Seiten der Asci einwirkenden Druckes, und dieser steigt mit der Einschiebung neuer Asci zwischen die erst vorhandenen und mit dem Wassergehalt der Hymenien; wenigstens alle mit Paraphysen versehenen Discomycetenhymenien quellen in Wasser in der Richtung ihrer Fläche gewaltig und in weit höherem Maasse als das Gewebe ihrer Träger auf.

Die Sporen von Protomyces macrosporus werden durch den gleichen Mechanismus, welcher eben beschrieben wurde, ejaculirt. Die Rissstelle ist an der Membran des kugeligen Ascus nach der Bildung der Sporen in Form eines breiten Tüpfels oder einer verdünnten Stelle zu erkennen, und die Sporen rücken, indem sie sich, wie oben beschrieben wurde, zusammenballen, dicht unter dieselbe (vgl. Fig. 41).

In reifenden Hymenien von Peziza, Helvella, Morchella, Bulgaria, Exoascus und jedenfalls der Mehrzahl, wo nicht allen übrigen Discomyceten, werden fortwährend einzelne Asci successive entleert. Befindet sich der Pilz in abgeschlossener feuchter Luft, so findet man auf einer über oder neben das Hymenium gebrachten Glasplatte nach kurzer Zeit einzelne Sporen, meist zu je 8 in einem Flüssigkeitströpfchen liegend, und allmählich wird die Platte mit Sporen immer dichter bestreut. Ausser dieser allmählichen Entleerung zeigen viele Discomyceten die Eigenthümlichkeit zu stäuben, d. h. plötzlich eine ganze Wolke von Sporen auszustossen, wenn man sie bewegt, oder den Behälter öffnet, in dem sie aufbewahrt werden. Das Stäuben hat selbstverständlich in der gleichzeitigen Entleerung zahlreicher Asci seinen Grund. Die Pilze, welche die Erscheinung zeigen — Peziza Acetabulum, Sclerotiorum, Helvella crispa dienten mir vorzugsweise zu meinen Versuchen — stäuben nicht, wenn man sie feucht und in wasserreicher, ruhiger, durch eine Glasglocke abgeschlossener Luft cultivirt; es erfolgt unter diesen Bedingungen nur die stetige allmähliche Entleerung. So lange der Pilz von abgeschlossener wasserreicher Luft umgeben bleibt, tritt auch bei noch so starker Erschütterung kein Stäuben ein, mag der Pilz im Dunkeln oder im Tageslicht gehalten, oder aus der Dunkelheit plötzlich in das diffuse oder directe Sonnenlicht gebracht werden. Dagegen stäubt der Pilz, sobald er aus dem feuchten Raum in die trockene Zimmerluft gebracht wird. Ist das Hymenium nur mässig feucht, so dass es von den vorstehenden reifen Schlauchspitzen matt bereift oder fein flaumig aussieht, so tritt das Stäuben wenige Secunden nach Entfernung der Glasglocke oder sonstigen Bedeckung ein. Wurde der Pilz sehr nass gehalten, so ist das Hymenium von einer dünnen Wasserschicht überzogen, daher mehr oder minder glänzend und dunkler gefärbt als im mässig feuchtem Zustand. Das Stäuben erfolgt an solchen Hymenien erst dann, wenn die Wasserschicht abgedunstet und das matt-flaumige, heller gefärbte Aussehen eingetreten ist. Mann kann es beschleunigen, wenn man die Verdunstung beschleunigt. Auch ohne Abschliessung in feuchter Luft stäuben nasse Hymenien nicht.

Aus diesen Thatsachen geht hervor, dass Austrocknung die bedingende Ursache des Stäubens ist. Da letzteres bei nicht nassen Hymenien in dem Augenblicke eintritt, wo die trockne Luft mit dem Pilze in Berührung kommt, so kann die Austrocknung nicht dadurch das Stäuben verursachen, dass sie etwa ein Schrumpfen, eine Contraction des ganzen Pilzes oder Hymeniums und durch

dieses eine Vermehrung des auf die Asci von aussen wirkenden Druckes hervorbringt. Es ist kaum denkbar, dass solches in irgend erheblichem Maasse in einer oder wenigen Secunden eintreten kann, und durch einfache Versuche und Messungen, überzeugt man sich leicht, dass der von aussen wirkende Druck, unter welchen die Asci stehen, bei länger dauernder Austrocknung anfangs nicht vermehrt wird und später bedeutend abnimmt, dass er vielmehr in dem Maasse steigt, als das Hymenium Wasser aufsaugt.

Die Austrocknung kann daher nur dadurch das Stäuben verursachen, dass sie die Rissstellen der über die Hymenialfläche vorstehenden reifen Schlauchenden sprengt; sei es indem sie eine Verminderung des Umfanges oder der Dehnbarkeit der Seitenwand bewirkt und somit den Druck der Inhaltsflüssigkeit auf die Rissstelle erhöht; sei es indem sie die Widerstandsfähigkeit der Rissstelle gegen den gleichbleibenden Druck aufhebt. Die Richtigkeit dieser Erklärung wird durch die Beobachtung erwiesen, dass die Ejaculation auch dann erfolgt, wenn man auf reife, freipräparirte, in wenig Wasser liegende Asci plötzlich wasserentziehende Reagentien (Alkohol, Glycerin) einwirken lässt.

Nach dem Gesagten ist es wohl unzweifelhaft, dass Bewegungen und Erschütterungen auf das Stäuben nur insofern Einfluss haben, als sie das Abtrocknen beschleunigen. Man kann ein Hymenium, welches eben gestäubt hat, öfters zu abermaligem Stäuben bringen, wenn man den Pilz rasch hin und her bewegt und hierdurch die noch minder vollkommen reifen Asci zum Platzen bringt. Dann aber, und oft schon nach dem ersten Stäuben, ist eine Ruhe von wenigstens mehreren Stunden nothwendig, um so viele neue Asci zur Reife kommen zu lassen, dass das Stäuben beobachtet werden kann.

Die Erscheinung des Stäubens fehlt manchen Discomyceten gänzlich; so konnte ich sie z. B. nicht hervorrufen bei Peziza pitya, confluens, Morchella esculenta, Exoascus Pruni; bei den meisten tritt sie allerdings leicht ein, ausser bei den schon genannten Arten habe ich sie selbst beobachtet bei Peziza melaena, tuberosa, cyanoderma (de Bary, Rab., Fung. Eur. 516) aurantia, cupularis, badia, Rhytisma acerinum. Viele andere Beobachtungen finden sich seit Micheli aufgezeichnet.

Bei Ascobolus findet, soweit die Beobachtungen an A. furfuraceus reichen, keine successive, sondern nur gleichzeitige Entleerung sämmtlicher reifer Asci des Hymeniums, also Stäuben statt. Sowohl der Mechanismus der Entleerung als die Bedingungen des Stäubens sind die gleichen, welche für die anderen Discomyceten angegeben wurden, nach Coemans soll ausserdem die Entleerung durch Lichtabschluss verzögert werden, was jedoch noch genauer festzustellen bleibt. Die Spitzen der reifen Asci ragen bei A. furfuraceus weit über die Hymenialfläche vor, sie enthalten die dunkelvioletten Sporen und erscheinen dem blossen Auge als dunkle, fast schwarze über die Hymenialfläche zerstreute Punkte. Im Momente des Stäubens verschwinden diese: die leeren Schlauchenden ziehen sich sofort unter das Niveau des Hymeniums zurück, auf der Oberfläche dieses ist keine Spur der Asci mehr zu sehen: Diese Erscheinungen haben die oben schon erwähnte Angabe veranlasst, dass die ganzen Schläuche bei Ascobolus aus dem Hymenium aufgeschleudert würden.

Sowohl bei der successiven Entleerung als beim Stäuben werden die Spo-

ren oft weit weg geschleudert, z. B. bei Bulgaria inquinans und Protomyces macrosporus 1—2 Cm. weit senkrecht nach oben, bei Exoascus Pruni 1 Cm. weit, bei den stark stäubenden Pilzen, wie Peziza vesiculosa, acetabulum, Helvella crispa auf eine Entfernung von 6 Cm. und darüber; bei Rhytisma acerinum nur auf einige Millimeter. Die Bewegungen des Stäubens verursachen bei grossen und stark stäubenden Hymenien ein Geräusch, was schon von Desmazières angegeben, neuerdings von Anderen bezweifelt worden ist. Bei kräftigen Exemplaren von Peziza Acetabulum und Helvella crispa habe ich es öfters als ein sehr vernehmliches Zischen gehört.

Ich habe in obiger Darstellung die Fragen, welche Zusammensetzung die Inhaltsflüssigkeit des Ascus hat und auf welchem Wege ihre beträchtliche Vermehrung erfolgt, unberührt gelassen, weil ihre Beantwortung zur Zeit unsicher und jedenfalls nicht leicht ist.

Was den ersten Punkt betrifft, so ist bemerkenswerth, dass zur Entleerung reife Asci, welche in Alkohol oder Zuckerlösung oder Glycerin zur Zusammenziehung gebracht sind, sich nie auf das frühere Volumen, und oft überhaupt kaum merklich wieder ausdehnen, wenn man sie wiederum in Wasser bringt. Hiernach kann zunächst keine in Wasser quellende Substanz die Dilatation der Asci verursachen, der Inhalt muss eine wirkliche Flüssigkeit sein; und diese kann ferner keinen Körper von hohem endosmotischen Aequivalent gelöst enthalten; wenigstens ergeben sich diese Folgerungen, wenn man die Annahme ausschliesst, dass durch die genannten wasserentziehenden Reagentien Permeabilität oder Dehnbarkeit der Schlauchwand verändert werde, eine Annahme, für welche in der That kein Grund vorliegt. Eiweiss oder Zucker, an die zuerst gedacht werden könnte, liessen sich auf mikrochemischem Wege bis jetzt im reifen Ascus nicht nachweisen, es scheint, als bestehe die Inhaltsflüssigkeit fast ausschliesslich aus Wasser. Nach dem Mitgetheilten kann dieses nicht durch endosmotische Einsaugung in den Schlauch gelangen; ob es von dem subhymenialen Gewebe aus in den Schlauch eingepresst wird, oder als Umsetzungs- (Oxydations-) product des zur Sporenbildung nicht verbrauchten Protoplasma und Epiplasma entsteht, bleibt zu untersuchen.

Von den beschriebenen Vorgängen bei den Discomyceten sind die bekannten Erscheinungen der Sporenentleerung bei den Pyrenomyceten verschieden. Es muss hier unterschieden werden zwischen der Befreiung der Sporen aus dem Schlauche und ihrer Ausleerung aus dem Perithecium.

Die erstere erfolgt in einer Reihe von Fällen dadurch, dass die reife Schlauchwand die Beschaffenheit einer in Wasser zerfliessenden Gallerte annimmt, und zwar entweder die ganze Wand (Nectria) oder zunächst der mittlere Theil derselben, während die Spitze und Basis an der Desorganisation nicht oder erst spät Theil nehmen (Claviceps, auch Lophium, nach Tulasne).

Bei anderen, wie es scheint zahlreichen Sphaeriaceen mit quellbarer, zweischichtiger Schlauchwand (vgl. S. 109) zeigt der reife Ascus eigenthümliche Veränderungen wenn er in Wasser gebracht wird. Die äusserste Schicht seiner Membran reisst plötzlich an dem Scheitel durch und die innere streckt sich, aus ihr hervortretend, auf etwa die doppelte bisherige Länge; die Breite des Ascus bleibt dabei unverändert oder nimmt in geringem Maasse zu, die ums doppelte vergrösserte Membran behält ohngefähr die gleiche Dicke wie vor der Streckung,

sie muss daher in der Richtung ihrer Oberfläche aufquellen, unter gleichzeitiger Vermehrung der Inhaltsflüssigkeit. Die Sporen rücken während der Streckung in den oberen Theil des Schlauches. Bei einer Anzahl von Arten, wie Sphaeria Scirpi (Pringsheim, Jahrb. I, 189) Sph. inquinans Sollm. (Bot. Ztg. 1863, p. 202) Sph. Lemaneae Cohn u. a. reisst die Membran des gestreckten Schlauches alsbald im Scheitel auf, die oberste Spore wird in die enge Oeffnung eingepresst und alsbald weit weggeschleudert. In derselben Weise werden die übrigen Sporen, eine nach der anderen binnen wenigen Minuten entleert. Nach jeder Ejaculation verkürzt sich der Schlauch etwas; ist eine neue Spore in die Oeffnung eingepresst, so folgt wiederum Ausdehnung desselben, nach Auswerfung der letzten Spore verkürzt er sich um $^1/_3$ seiner Länge unter bedeutender Quellung seiner Membran in die Dicke. Es ist klar, dass dieser Process durch das Zusammenwirken endosmotischer Vermehrung der wässerigen Inhaltsflüssigkeit und des Verkürzungsbestrebens der elastischen Schlauchwand zu Stande kommt. Bei einer anderen Anzahl von Arten (z. B. Pleospora herbarum, (Fig. 57). Cucurbitaria Laburni) erfolgt an dem ebenso gestreckten Ascus eine Ejaculation nicht oder nur selten. Seine Membran quillt vielmehr zu einer alsbald ganz verschwommenen Gallerte auf, welche die Sporen und den collabirenden Primordialschlauch einhüllt. Die Quellung tritt um so rascher ein, je reifer der Ascus; bei völlig reifen oft schon wenige Minuten nach der Streckung. Unreife Ascis zeigen oft nur letztere Erscheinung, ohne dass selbst nach 24—36 stündigem Liegen im Wasser Quellung einträte.

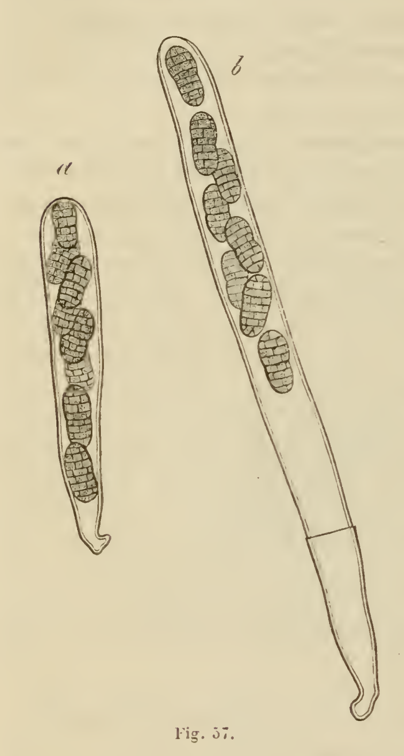


Fig. 57.

Wo die Asci in eine Gallertmasse zerfliessen, wird diese sammt den ihr eingebetteten Sporen in Form eines Gallerttropfens oder einer zäh gelatinösen Ranke aus der engen Perithecienmündung hervorgepresst, sobald der Pilz aus feuchter Umgebung Wasser aufsaugt und die Gallerte hierdurch aufquillt. So z. B. bei Nectria cinnabarina; Pleurostoma (Tul.) Sph. fusca (Hoffmann); bei anderen Formen, N. inaurata Berk., N. Lamyi Not. scheint selbst diese Form der Entleerung nur ausnahmsweise vorzukommen und die sporenführende Gallerte erst durch allmähliches Zerfallen der reifen Perithecienwand frei gelegt zu werden (Janowitsch, Bot. Ztg. 1865). Der beschriebene Ent-

Fig. 57. Pleospora herbarum Tul. (grosse Form). *a* reifer Ascus (mit vielgliedrigen zusammengesetzten Sporen) frisch aus dem Perithecium genommen. *b* derselbe nach Einwirkung des Wassers: Innenschicht gestreckt, Aussenschicht durchrissen. Bei diesem Exemplar erfolgte Ejaculation nach Art von Sph. Scirpi; meist unterbleibt dieselbe bei vorliegender Species. — Vergr. 195.

leerungsvorgang ist der gleiche wie der für solche Conceptakeln längst bekannte, in denen von Gallerte umhüllte Sporen durch Abschnürung frei werden (Spermogonien und Pycniden von Pyrenomyceten).

Andere Pyrenomyceten ejaculiren ihre Ascosporen aus der Perithecienmündung auf eine Entfernung von 1 Millim. und mehr und zeigen selbst in geringem Masse die Erscheinungen des Stäubens. Tulasne erwähnt dieses für Hypoxylon-Arten und Claviceps; es scheint auch bei anderen Sphaeriaceen vorzukommen. Die Erklärung dieser Erscheinung findet in der geringen Weite der Perithecienmündungen Schwierigkeiten und bedarf jedenfalls noch genauerer Untersuchungen. Wo die Entleerung der Asci in der Art von Sph. Scirpi ruckweise und mit einer gewissen Gewalt erfolgt, lässt sich die Sache erklären, wenn man bedenkt, dass die Spitzen der reifen Schläuche dicht unter der Perithecienmündung stehen und dass etwa in dem Mündungscanale hängen bleibende Sporen durch nachfolgende fortgestossen werden können.

Das Stäuben beobachtete ich bei Claviceps, wo eine Ejaculation an den freipräparirten Ascis nicht beobachtet wird, diese sich vielmehr in ihrer Mitte gallertig auflockern und somit der obere Theil sammt den zu einem Bündel vereinigten stabförmigen Sporen von dem subhymenialen Gewebe losgelöst wird. Bringt man reife Fruchtträger dieser Pilze aus der feuchten Umgebung, in der sie sich ausbilden, in trockene Luft, so sieht man alsbald die Sporenbündel wie zarte, glitzernde Nädelchen aus den Perithecien hervorstäuben. Die Erscheinung dauert ziemlich lange. Man überzeugt sich nun leicht, dass das saftige Gewebe der Peritheciumwände an der trockenen Luft sofort stark zu schrumpfen und sich zusammenzuziehen anfängt. Der der Luft nicht unmittelbar ausgesetzte gallertige Inhalt des Peritheciums wird dagegen langsamer seinen Wassergehalt vermindern und abschwellen, er muss daher durch die schrumpfende Wand einen steigenden Druck erleiden, und in diesem dürfte der Grund des gewaltsamen Auswerfens der losgelösten reifen Sporenbündelchen zu suchen sein.

Eine kleine Anzahl von Pilzen, von Tode (fung. Meckl.) f u n g i e j a c u l a t o r i i genannt, zeichnet sich aus dadurch, dass zur Zeit der Reife der ganze sporenführende Behälter weggeschleudert wird.

Ausser dem jetzt durch Fries (S. veget. Scand. p. 439) von den Pilzen zu den Insecten verwiesenen A t r a c t o b o l u s Tode's gehört hierher zunächst die von Fries den Pyrenomyceten angereihte Gattung T h e l e b o l u s (Th. stercoreus, Th. terrestris). Ein mohnsamengrosser, einem Sphaeria-Perithecium ähnlich sehender rundlicher Körper, von gelber Farbe bei Th. stercoreus, trägt auf seinem Scheitel einen kleinen kugeligen Sporenbehälter, welcher zur Zeit der Reife mit Gewalt fortgeschleudert wird. Ueber die Structur des Pilzes und den Mechanismus der Ejaculation ist durchaus nichts Genaueres bekannt, und die getrockneten Exemplare welche ich untersucht habe, gaben keinen Aufschluss.

Die zweite hier zu erwähnende Gattung ist P i l o b o l u s Tode, von der Coemans (Mém. cour. de l'Acad. roy. de Belg. Tom. XXX) neuerdings eine gute Monographie geliefert und die umfangreiche Litteratur zusammengestellt hat. Der Fruchtträger dieser den Mucorinen zugehörenden Pilze besteht aus einer gestreckten, in der Mitte eingeschnürten oder schmal-cylindrischen, oben und unten blasig aufgetriebenen, einige Millimeter langen Zelle, welche dem ver-

kehrt kegelförmigen erweiterten Ende eines Myceliumzweiges aufsitzt und auf ihrem etwas verschmälerten Scheitel die abgeplattet-kugelige violettschwarze Sporenmutterzelle trägt. Letztere ist zur Zeit der Reife von der Tragzelle abgegrenzt durch eine Scheidewand, welche in Form eines stumpfen Kegelmantels oder Cylinders ins Innere des Sporangiums vorspringt (vgl. Fig. 58). Die Wand des letzteren ist im Uebrigen geschichtet und in verschiedenen Regionen verschieden gefärbt, wie bei Coemans ausführlich beschrieben ist; sie lässt sich vor der Reife unter Wasser von dem Träger derart lostrennen, dass dieser durch die in seine Wand continuirlich übergehende untere Schichte der Scheidewand (die cloison sous-globulaire Coemans') geschlossen bleibt. Zur Zeit der völligen Reife wird endlich das ganze Sporangium plötzlich weggeschleudert, und zwar auf eine Höhe, welche nach Coemans' Messungen 105 Cm. erreichen kann. Der Mechanismus dieses Schleuderns ist dem für die Ejaculation der Discomycetensporen beschriebenen im Wesentlichen gleich. Die Tragzelle ist vor der Abwerfung des Sporangiums strotzend mit wässeriger Flüssigkeit (innerhalb einer mächtigen Protoplasmaschichte) erfüllt, ihre Membran gedehnt und elastisch, wie Durchschneidungen leicht zeigen. Von dem Mycelium aus wird die Menge der Flüssigkeit in der Tragzelle und hierdurch die Spannung der Theile fortwährend vermehrt, bis endlich die Membran dicht unter der Basis des Sporangiums ringförmig durchreisst. In demselben Augenblick wird, auf die nämliche Weise wie bei den Discomycetenascis, aus der Oeffnung ein Theil der Inhaltsflüssigkeit hervorgespritzt, und durch diese das Sporangium fortgetrieben. Das Sporangium bleibt während dieser Vorgänge geschlossen, die Sporen werden erst durch spätere Zerstörung seiner Wand frei. Die Tragzelle zieht sich, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, im Momente der Ejaculation auf einen bedeutend kleineren Umfang zusammen. Nicht selten behält sie dabei glatte Oberfläche und man sieht alsdann aus der weiten runden Oeffnung ihres oberen Endes einen immer grösser werdenden Wassertropfen hervortreten — eine Erscheinung, welche die oben ausgesprochene Behauptung, dass von dem Mycelium aus Wasser in die Tragzelle eintritt, begründet, und zeigt, dass dieses in die Tragzelle eingepresst wird. Sehr bald sinkt übrigens die geöffnete Zelle zusammen und geht zu Grunde. Die ringförmige Rissstelle des Sporangiumträgers ist schon vor dem Platzen in Form einer zarten, scharfen Linie erkennbar. Das Abwerfen der Sporangien wird bestimmt oder doch in hohem Grade befördert durch die Einwirkung des Lichtes, wie Coemans ausführlich nachgewiesen hat. Im gewöhnlichen Entwickelungsverlauf beginnt die Entwickelung der Träger Mittags oder Nachmittags, wird sammt der Sporangien- und Sporenbildung Nachts vollendet, und das Abwerfen erfolgt am folgenden Morgen, um so eher, je heller die Beleuchtung. Pilobolus oedipus Mont. zeigt diese Periodi-

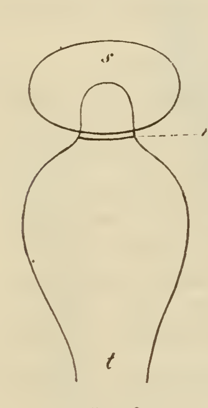


Fig. 58.

Fig. 58. Pilobolus crystallinus. Schematische Ansicht. *t* oberes Ende der Tragzelle. *s* Sporangium. *r* die dicht unter der unteren Grenze des Sporangiums verlaufende ringförmige Rissstelle.

cität minder regelmässig, als P. crystallinus. Wärme und Trockenheit wirken eher hemmend als fördernd auf die Abwerfung ein. Die Sporangienträger von Pilobolus zeigen überaus starke Lichtkrümmungen; nach dem was man über den Mechanismus dieser Krümmungen überhaupt kennt, ist wohl anzunehmen, dass der Lichteinfluss das Abwerfen in sofern fördert, als er die Dehnbarkeit der Membran des Trägers vermindert.

Drittens ist hier zu nennen die seit Micheli viele Male beschriebene Gattung Sphaerobolus Tode, kleine, etwa senfkorngrosse Gastromyceten, deren Bau von Corda (Icon. V, 66) und Bonorden (Bot. Ztg. 1851, p. 22), deren Basidien durch Bonorden l. c. und Tulasne (Fung. hypog. tab. XXI) beschrieben sind. Die ausgebildete Peridie von Sphaer. stellatus lässt eine äussere, eine mittlere und eine innere Schicht unterscheiden, letztere ist, als die Sporen unmittelbar umschliessend, Sporangie genannt worden. Der Beschreibung zufolge reissen zur Zeit der Reife die beiden äusseren aneinanderliegenden Schichten der Peridie am Scheitel sternförmig in sieben bis neun Lappen auf, einen Napf mit gezacktem Rande bildend, in dessen Grunde, so lange der Pilz hinreichend feucht ist, die kugelige braune Sporangie liegt. Wird aber die Feuchtigkeit durch Verdunstung vermindert, so stülpt sich die Mittelschicht der Peridie nach oben und aussen plötzlich empor, wird glockenförmig und schleudert die Sporangie oft einige Zoll weit fort. — Welche Veränderungen und mechanische Verhältnisse hierbei stattfinden, ist nirgends genauer angegeben; die ganze Entwickelungsgeschichte dieses interessanten Pilzes bedarf dringend einer neuen gründlichen Bearbeitung.

IV. Keimung der Sporen.

Unter den später zu besprechenden geeigneten Bedingungen, von denen hier nur einstweilen das Vorhandensein einer Quantität tropfbar flüssigen oder dunstförmigen Wassers erwähnt werden möge, tritt die Weiterentwickelung, Keimung der reifen Spore ein. Dieselbe ist zur Zeit für zahlreiche Repräsentanten der meisten Ordnungen und Familien der Pilze bekannt, so dass nur diejenigen grösseren Gruppen hervorzuheben sind, deren Angehörige bis jetzt den Keimungsversuchen beharrlich widerstanden haben; nämlich die Gastromyceten (mit Ausnahme von Lycoperdon constellatum Fr., verrucosum Rupp, Bovista plumbea P., Cyathus striatus W., wenn Hoffmanns Angaben, Bot. Ztg. 1859, p. 217, zuverlässig sind), Elaphomyces, Onygena, die Tuberaceen mit Ausnahme von Balsamia (vgl. Tulasne, fung. hypog.), die muthmasslichen Sporen gewisser Protomyces- und Physodermaformen (vgl. de Bary, Beitr. zur Morphol. d. Pilze I). Von vielen einzelnen Species und Sporenformen konnte allerdings die Keimung noch nicht gefunden werden; ihre ausführliche Aufzählung wird jedoch durch die bekannte Keimung verwandter Formen überflüssig gemacht. Von den constant nicht keimenden Spermatien wird im nächsten Capitel die Rede sein.

Nach den morphologischen Vorgängen lassen sich vier, allerdings vielfach durch Uebergänge mit einander verbundene Hauptformen der Keimung unterscheiden:

1) Austreibung von Keimschläuchen oder Keimfäden.

2) Bildung eines Vorkeims (Promycelium Tulasne), welcher sofort secundäre Sporen (Sporidia Tulasne) abschnürt;

3) Sporidienbildung durch hefeartige Sprossung;

4) Keimungen, welche durch Theilung der Spore mittelst Scheidewänden eingeleitet werden.

Die erste Form ist die häufigste und seit Prévosts Mémoire sur la carie und Ehrenbergs Epistola de Mycetogenesi unzählige Male mehr oder minder genau beschrieben worden. Sie findet sich zunächst bei allen Schwärmsporen: sobald dieselben zur Ruhe gekommen und mit einer Membran versehen sind, treiben sie nach einer oder zwei Seiten hin einen Keimschlauch (s. oben Fig. 52), dessen Membran die unmittelbare Fortsetzung der Sporenmembran ist und der sich im Uebrigen denen der unbeweglichen Sporen gleich verhält. Diese (Fig. 59) schwellen bei der Keimung zuerst durch Wasseraufnahme an und treiben alsbald nach einer, oder häufig nach zwei entgegengesetzten, manchmal nach mehreren Seiten eine schlauchförmige Ausstülpung — Keimschlauch, Keimfaden, welche sich durch Spitzenwachsthum verlängert, häufig verzweigt, und bei geeigneter Ernährung continuirlich zu einem endlich wiederum fructificirenden Mycelium heranwächst. Der Keimschlauch wird von einer Fortsetzung der innersten Sporenmembranschicht bekleidet. Selbst da, wo die Sporenmembran vor der Keimung zart und ohne deutliche Sonderung in Endospor und Epispor ist, sieht man oft deutlich die zarte Wand des Keimschlauches sich in die Innenfläche der Sporenhaut fortsetzen, z. B. Acrostalagmus, Penicillium, etc. Auch derbere Endosporien stülpen sich nicht ganz zur Keimschlauchmembran vor, sondern nur ihre innerste, die äusseren durchbrechende Schichte (z. B. Uredosporen). Bei deutlich entwickeltem Episporium bricht der Keimschlauch aus diesem hervor, dasselbe entweder an vorher nicht besonders ausgezeichneten Punkten perforirend oder klappig sprengend: oder aber aus den vorgebildeten Tüpfeln austretend, welche oben als Keimporen bezeichnet worden sind. In dem Inhalte der Spore verschwinden mit dem Beginn der Keimung die grösseren Oeltropfen, indem sie entweder völlig aufgelöst werden, oder in kleine Körnchen zerfallen, die sich in dem Protoplasma vertheilen. Der Zellkern wird, wo er vorher sichtbar war, mit der Keimung stets unkenntlich. Von dem Beginne der letzteren an treten in dem Protoplasma der Spore Vacuolen



Fig. 59.

Fig. 59. Helvella esculenta P. *a* reife Spore mit den zwei characteristischen Oeltröpfchen an den Enden. *b—e* Keimung. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. Vergr. 390.

auf oder die vorhandenen werden grösser; sobald die Austreibung der Keimschläuche beginnt, nehmen sie schnell gewaltig an Grössse zu, indem mindestens ein beträchtlicher Theil des Protoplasma aus dem Sporangium in den Schlauch tritt und mit der fortwachsenden Spitze des letzteren vorrückt, in dem Sporenraume und dem älteren hinteren Theile des Schlauches zumeist nur wässerige Flüssigkeit zurücklassend.

In der Mehrzahl der Fälle nehmen die Theile der Spore, nach der in wenigen Minuten vollendeten ersten Wasseraufsaugung, bei der Keimung nicht mehr an Grösse zu; sie geben das Protoplasma und die Reservenahrung ganz oder bis auf unbedeutende, zufällig zurückbleibende Reste an den Keimschlauch ab und gehen bald nach der Keimung zu Grunde. Von unzähligen Beispielen hierfür sind die exquisitesten unter den ächten Schmarotzerpilzen zu finden, zumal den Peronosporen und Uredineen. Andererseits gibt es Sporen, welche sich während des Keimens oft auf mehr als das Doppelte vergrössern, von einer beträchtlichen Protoplasmaschicht ausgekleidet bleiben und mit den Keimschläuchen gleich einer Myceliumzelle wachsen; so z. B. die Sporen von Mucor Mucedo und Verwandten bei Aussaat in eine zur Ernährung der Species geeignete Flüssigkeit, die Stylosporen von Erysiphe (Tulasne, Carpol. I) und andere, zumal auch zusammengesetzte (z. B. Pleospora herbarum).

Eigenthümlich ist die Keimung der Sporen (Conidien) von Peronospora densa Rab. und P. pygmaea Unger. Hier quillt plötzlich das ganze Protoplasma aus der sich öffnenden papillenförmigen Spitze der Spore hervor, nimmt die Form eines kugeligen Körpers an, der alsbald auf seiner Oberfläche eine neue Cellulosemembran ausscheidet und dann einen einfachen Keimschlauch treibt.

Bei den zwei- bis vielgliederigen Sporenkörpern oder zusammengesetsten Sporen keimt jede Theilspore gleich einer einfachen oder besitzt doch die Fähigkeit hierzu. Nicht selten sieht man, auch bei sehr vielgliederigen, von fast allen Theilsporen einen Keimschlauch ausstrahlen; z. B. Pleospora herbarum, Cucurbitaria Laburni. In anderen Fällen keimen von den zusammengesetzten Sporen der Regel nach nur einzelne Theilsporen, zumal da wo letztere eine einfache Reihe bilden ein oder beide Endglieder der Reihe; z. B. Melogramma Bulliardii Tul., Melanconis Tul., Aglaospora profusa Not., Exosporium Tiliae, Stylosporen von Cucurbitaria macrospora (Tul. Carp. II). Die nicht keimenden Theilsporen eines Körpers geben dabei, nach Tulasne (Carpol. I, p. 95), ihren Inhalt allmählig an die keimenden ab.

Der Keimfaden hat in allen Fällen die Gestalt eines cylindrischen oder varicösen Schlauches, der im Allgemeinen die Beschaffenheit eines Myceliumfadens und je nach Gattung und Art mannigfache Formdifferenzen, Krümmungen u. s. w. zeigt, und zunächst einfach bleibt oder sich schon früh verzweigt. Wurde die Aussaat in ein Medium gemacht, welches die zur Ernährung der Species nöthigen Materialien nicht enthält, z. B. in reines Wasser, so bleibt sein Wachsthum bald stille stehen, die in der Spore aufgespeicherte Reservenahrung reicht offenbar nur für eine kurze Entwickelungszeit aus. Bei hinreichendem Nahrungsmaterial entwickelt sich dagegen der Keimschlauch sofort zu einem wiederum fruchtbildenden Mycelium weiter. Dieses Gesetz ist jetzt durch directe Beobachtung für eine grosse Anzahl von Pilzen festgestellt; so die Saprolegnieen, Peronosporeen, Uredineen, Mucorinen, viele Schimmelformen, z. B.

Penicillium, Eurotium u. s. f., es gilt für Coprinus fimetarius, Peziza Sclerotiorum, P. Fuckeliana, und kann daher mit Sicherheit auf alle nicht sporidienbildende Keimschläuche ausgedehnt werden, auch wenn dieselben, wie bei den meisten zusammengesetzten Schwämmen, noch nicht über die in reinem Wasser oder Wasserdunst auftretenden Anfangsstadien hinaus verfolgt worden sind.

Nicht selten beobachtet man wenn zahlreiche Sporen einer Species miteinander ausgesäet werden, dass die Keimschläuche, welche von verschiedenen Sporen entspringen, da wo sie einander berühren fest mit einander verwachsen und zwar bis zum Verschwinden der Membran und Herstellung einer offenen Communication zwischen beiden verbundenen Zellen an der Verwachsungsstelle. Tulasne erwähnt dieser Erscheinung (Carpol. I, p. 98) als einer öfters vorkommenden, er stellt sie (Carpol. II, Tab. XVII) für Cryptospora aucta Berk. dar; Hoffmann (z. B. in Pringsh. Jahrb. II, p. 280) und ich sahen sie öfters bei Schimmelpilzen, z. B. Fusarium heterosporum, Spicaria Solani Hart. (Fig. 60). Sie findet sich auch bei erwachsenen Myceliumfäden (s. Seite 17) und verleiht dem ganzen Mycelium eine oft engmaschig netzförmige Beschaffenheit.

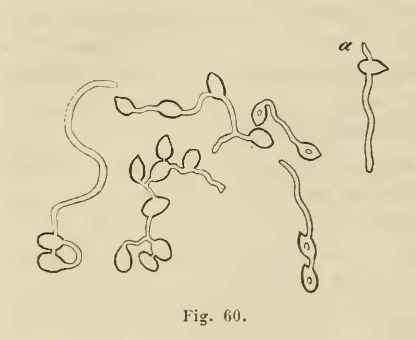


Fig. 60.

Das characteristische der beschriebenen ersten Keimungsform liegt darin, dass der von der Spore ausgetriebene Keimschlauch die Fähigkeit besitzt, continuirlich zu dem Mycelium auszuwachsen. Bei der zweiten Form der Keimung treibt die Spore gleichfalls einen Schlauch; sein erstes Auftreten und die Veränderungen, welche diesem vorangehen, sind die gleichen, welche für die erste Form beschrieben wurden. Der Schlauch — Vorkeim, Promycelium — zeigt aber ein typisch begrenztes Längenwachsthum, er wird je nach dem Einzelfalle ein, zwei oder viele Male länger als die Spore und beginnt dann sofort Sporen zweiter Ordnung, Sporidien abzuschnüren. Das in der Spore enthaltene Protoplasma und die Reservenahrung werden zur Entwickelung des Promyceliums und der Sporidien verwendet, eine Assimilation findet von Seiten des Promyceliums nicht statt; dieses ist nach Abschnürung einer bestimmten Anzahl von Sporidien leer und geht dann zu Grunde; seine ganze Entwickelung läuft in kurzer Zeit, manchmal in wenigen Stunden (z. B. Endophyllum Sempervivi) ab. In Beziehung auf Gestalt, Grösse, Zahl der Sporidien u. s. f. sind die Promycelien je nach Arten und Gruppen sehr mannigfaltig. Die besten Beispiele für ihre Entwickelung bieten unstreitig die Teleutosporen der Uredineen dar. Diese treiben bei der Keimung einen Schlauch, der mehrmals länger wird als die Spore. Bei Coleosporium bleibt er in der Regel ganz einfach, ungetheilt und schnürt auf seinem pfriemenförmig zugespitzten oberen Ende eine rundliche oder nierenförmige Sporidie ab, welche alles Protoplasma

Fig. 60. Spicaria Solani Harting. Keimende Sporen, 24 Stunden nach der Aussaat. *a* treibt zwei unverbundene, die übrigen anastomosirende Keimschläuche. — Vergrösserung 390.

des Schlauches in sich aufnimmt. Bei den übrigen Uredineengattungen (Fig. 61) erhält das Promycelium die Gestalt eines dicken, stumpfen, mehr oder minder gekrümmten Schlauches, dieser theilt sich nach vollendetem Längenwachsthum durch Querwände in drei bis fünf Zellen, von denen jede in ihrem oberen Theile eine kurze pfriemenförmige Ausstülpung — sterigma — treibt; auf dem Ende eines jeden Sterigma wird eine runde oder ovale oder nierenförmige Sporidie abgeschnürt. Die Abweichungen von diesem typischen Entwickelungsgange, welche hier und da vorkommen, sind zu unbedeutend, um hier erwähnt zu werden. Unter der verwandten Ustilagineenfamilie zeigt Ustilago receptaculorum (Fig. 62 *B*) ähnliche Keimung, wie die zuletzt erwähnten Uredineen, nur dass die Sporidien an den Gliedern des Promyceliums ungestielt, manchmal zu mehreren neben einander und, wie es scheint, auch successive nach einander abgeschnürt werden. Das Promycelium von Ust. longissima (Fig. 62 *A*) ist ein dünner cylindrischer Schlauch von der zwei- bis dreifachen Länge der Spore und schnürt auf seiner Spitze je eine spindelförmig-cylindrische Sporidie ab; ob überhaupt nur eine einzige oder mehrere reihenweise nach einander, ist noch zu untersuchen. Von den anderen Arten abweichend verhält sich Ustil. Carbo DC. (Fig. 62 *C*). Seine Sporen treiben einen kurzen, cylindrischen,



Fig. 61.

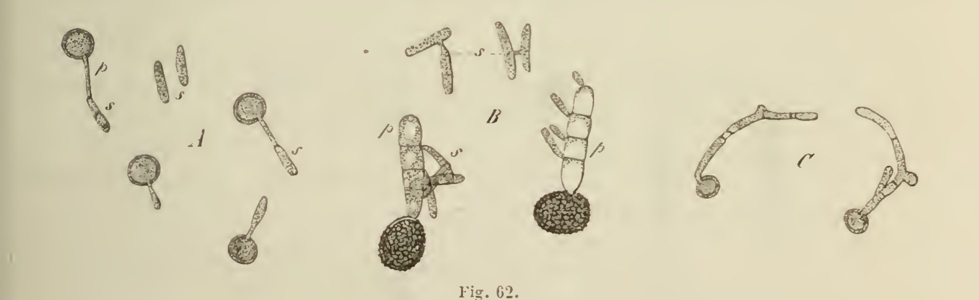


Fig. 62.

oft etwas gekrümmten und mit einem oder zwei Zweiglein versehenen Schlauch, und dieser bildet Sporidien theils auf den Enden kleiner Seitenzweiglein, theils dadurch, dass er der Quere nach in cylindrische Glieder zerfällt. U. antherarum verhält sich ähnlich. Die detaillirtere Beschreibung seiner Keimung sowie der Promycelien der übrigen Ustilagineen und der Uredineen findet sich bei Tulasne, Ann. sc. nat. 4e sér., tom. II, auch 3e sér., tom. VII; und J. Kühn, Krankh. der Culturgewächse. Unter den daselbst beschriebenen Ustilagineen

Fig. 61. Puccinia straminis Fuckel. Keimende Teleutospore. 390fach vergr. *s* Sporidie. *p* Promycelium.

Fig. 62. *A* Ustilago longissima Tul. Keimung. Vergr. gegen 700.
B Ust. receptaculorum. Desgl. Vergr. 390.
C Ust. Carbo DC. Desgl. Vergr. über 390. — *p* und *s* wie in Fig. 61.

ist Tilletia Caries Tul. (Fig. 63) durch ihr Promycelium besonders bemerkenswerth. Dasselbe ist ein kurzer, dicker, zuletzt oft septirter Schlauch, an dessen Anfangs stumpf abgerundetem Scheitel ein Wirtel von meist acht bis zehn schmal cylindrischen, zuletzt stark verlängerten und pfriemenförmig zugespitzten Sporidien (»Kranzkörper« Kühn) hervorsprosst und abgeschnürt wird. Diese verbinden sich vor ihrer Lostrennung von dem Promycelium mittelst einer kurzen Querbrücke paarweise zu Doppelsporidien von der Form eines H. Aehnlich wie Tilletia keimen Urocystis occulta und U. pompholygodes; doch sind die Sporidien minder zahlreich, von unregelmässiger und ungleicher Form und ohne die Hförmige Verbindung.



Fig. 63.

Ausser bei den genannten Gruppen ist Promycelium und Sporidienbildung bei den Tremellinen, mehreren Discomyceten (Peziza bolaris Batsch., P. Cylichnium, P. tuberosa, vergl. Tulasne, Ann. sc. nat. 3e sér., tom. XX, p. 171; auch bei Rhytisma Andromedae Fig. 64 A) bekannt. Der Vorgang besteht hier im Wesentlichen immer darin, dass die Spore an einem bis mehreren Punkten

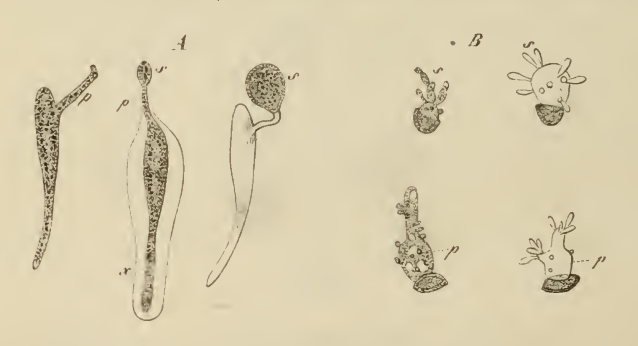


Fig. 64.

einfache kurze Sterigmen treibt, welche an ihrer Spitze eine Sporidie abschnüren. Bei Dacrymyces wird die leicht gekrümmte cylindrische Spore vor der Keimung der Regel nach durch Querwände in zwei, vier oder acht Zellen

Fig. 63. Tilletia Caries Tul. Keimung. 460fach vergr., nach Tulasne copirt. p und s wie in Fig. 61. s' secundäre Sporidie. x zarter, von einer primären Sporidie getriebener Keimschlauch. a Beginn der Sporidienbildung.

Fig. 64. A Rhytisma Andromedae Fr. Keimung, 390fach vergr. p und s wie in Fig. 61. Die Spore x ist noch von dem ursprünglich vorhandenen Gallertsaum umgeben, der bei den zwei anderen verschwunden ist.

B Bulgaria inquinans Fr. Keimung. Vergr. 300. Buchstaben wie oben.

getheilt, von denen jede ein oder mehrere kurze, sporidienabschnürende Sterigmen treibt.

An die letztbeschriebenen Fälle, in welchen das Promycelium auf ein kurzes Sterigma reducirt ist, schliessen sich die Sporidienbildungen durch hefeartige Sprossung, welche oben als die dritte Keimungsform bezeichnet wurden, unmittelbar an. Sie sind, abgesehen von den dubiösen Hefebildungen, bei vereinzelten Genera und Arten bekannt: Exoascus (de Bary, Beitr. I), Dothidea Ribesia Fr. (Tulasne, Carpol. II, Tab. IX), Nectria (Janowitsch, Bot. Ztg. 1865). Auch die erwähnten sporidienbildenden Pezizen schliessen sich zum Theil hier an. Aus der Oberfläche der Spore sprossen, nach Art beginnender Keimschläuche, Fortsätzchen mit sehr schmaler Basis hervor, erhalten meist längliche oder cylindrische Form und gliedern sich zuletzt ab, wie es oben (Seite 119) für die hefeartige Abschnürung beschrieben wurde. An demselben Punkte kann der ersten Sporidie eine zweite, dritte u. s. f. folgen, bis das Protoplasma der Spore verbraucht ist. Die Sprossung findet entweder an einzelnen beliebigen Punkten der Spore statt (Exoascus, Dothidea), oder an bestimmten Punkten (z. B. den beiden Enden der spindelförmigen, zweigliedrig zusammengesetzten Spore von Nectria inaurata), oder auf der ganzen Sporenoberfläche, so dass diese von senkrecht abstehenden Sporidien dicht eingehüllt ist (z. B. Nectria Lamyi).

Was die Sporidien selbst betrifft, so haben dieselben im Allgemeinen die Eigenschaften zarter dünnwandiger Pilzsporen. Bei den Uredineen, wo sie bis jetzt am genauesten studirt sind, treiben sie unmittelbar nach ihrer Entstehung einen kurzen Schlauch, welcher nach kurzem Längenwachsthum an seiner Spitze eine der ersten gleiche Sporidie zweiter Ordnung erzeugen kann, unter günstigen Ernährungsbedingungen sich aber als ein ächter, zum Mycelium auswachsender Keimfaden verhält. Die Hförmig verbundenen Sporidien von Tilletia treiben entweder feine Keimschläuche, oder schnüren auf dem Ende eines kurzen, seitlich vortretenden Sterigma eine gekrümmt-cylindrische, stumpfendige secundäre Sporidie ab, die dann ihrerseits einen Keimschlauch erzeugt. An den Sporidien von Ustilago Carbo hat Kühn Keimschläuche beobachtet; von denen der übrigen Ustilagineen, der Discomyceten, Tremellinen, Nectrien konnte bis jetzt keine Keimung erhalten werden.

Die durch hefeartige Sprossung erzeugten Sporidien von Dothidea ribesia entwickeln durch den gleichen Process Sporidien zweiter Ordnung; bei Exoascus setzt sich die Sprossung durch fünf bis sieben, vielleicht noch mehr Generationen fort, die Sprossen verschiedener Ordnungen sind zu ästigen, rosenkranzförmigen Reihen vereinigt, welche zuletzt in ihre Glieder zerfallen. Weitere Keimungserscheinungen sind hier von den Sporidien nicht bekannt.

Uebergänge oder Zwischenformen zwischen der Keimfaden- und Promycelien-nebst Sporidienbildung finden sich hie und da. Bei Bulgaria inquinans (Fig. 64 *B*) bricht das Endosporium der keimenden Spore aus dem aufreissenden Epispor hervor, schwillt zu einer weiten, oft ovalen oder rundlichen Blase an, die auf ihrer Oberfläche zahlreiche stabförmige Sporidien hefeartig abschnürt; zuletzt wächst das eine Ende der Blase ohne weitere Sporidienbildung nach Art eines Keimfadens weiter. Andere Sporen derselben Species treiben nur Keimschläuche (Tulasne). Von den Sporen von Nectria cinnabarina, Do-

thidea ribesia schnüren die einen nur auf ihrer Oberfläche Sporidien ab, andere treiben einen cylindrischen, dicken Schlauch, der seinerseits Sporidien abschnürt, bei noch anderen endlich findet beides zugleich statt. Bei Peziza tuberosa, P. bolaris und bei Dacrymyces deliquescens (Tulasne) zeigen von sonst gleichwerthigen Sporen die einen Sporidien-, die anderen nur Keimschlauchbildung. Bei den Ustilagineen und bestimmten (Teleuto-)Sporen der Uredineen ist dagegen die Entwickelung des Promyceliums und der Sporidien immer die gleiche — geeignete Entwickelungsbedingungen vorausgesetzt. Ungeeignete Bedingungen haben hier wie bei anderen Fortpflanzungszellen immer Austreibung eines oder mehrerer Keimschläuche zur Folge; dieselbe findet z. B. auch bei den Sporangien von Peronospora statt der Zoosporenbildung statt, bei Zoosporen, welche im Ausschwärmen gehindert sind, u. s. f. Solche anormale Keimschläuche können sich, wie für Peronospora infestans bekannt ist, gleich normalen weiterentwickeln; in anderen Fällen schwellen sie bei der genannten Art nach kurzem Längenwachsthum an ihrer Spitze an, um ein neues, secundäres Sporangium zu bilden, das dann auf die normale Weise Sporen zu erzeugen vermag.

Was die vierte oben in der Uebersicht bezeichnete Keimungsform betrifft, so wird in manchen Fällen die Spore reif und von ihrem Träger losgelöst als eine einfache Zelle, mit dem Beginn der Keimung aber theilt sich diese durch Querwände in zwei oder mehrere, von denen dann jede einzelne Keimschläuche oder ein Promycelium zu treiben vermag. Wie schon oben angegeben wurde, findet dies bei Dacrymyces, und zwar bei beiden beschriebenen Keimungsformen dieser Gattung statt; ähnliches ist bei Peziza tuberosa, P. bolaris, P. Cylichnium Tul. (Ann. sc. nat. 3e sér. XX, p. 174), und zwar bei den aus den Ascis entleerten reifen Sporen beobachtet worden.

Diese Erscheinung liefert wie mir scheint einen guten Anhaltspunkt für die Auffassung der morphologischen Beziehungen, welche zwischen den hinsichtlich ihrer ersten Entstehung gleichwerthigen, zur Zeit der Reife aber so sehr von einander verschiedenen einfachen und vielzellig-zusammengesetzten Sporen nahe verwandter Ascomycetenarten bestehen. Es muss hierbei noch die andere Thatsache erwähnt und berücksichtigt werden, dass eine ganze Anzahl von Fällen bekannt ist, in denen die Sporen von Ascomyceten schon innerhalb des frisch reifen Ascus keimen, sowohl einfache Keimschläuche treibend (Sphaeria praecox Tul., Peziza tuberosa), als Sporidien bildend (Exoascus, Pez. Cylichnium, Pez. bolaris, und besonders Nectria, wo bei manchen Arten, wie N. Lamyi, N. inaurata u. s. f. der reife Ascus von den Sporidien dicht erfüllt, die Sporen selbst verdeckt sind, was zu allerlei Missverständnissen Anlass gegeben hat). Die septirten oder zusammengesetzten Ascosporen dürften hiernach als Keimungsprodukte einfacher Sporen zu betrachten sein, welche gleich den Sporidien genannter Nectrien typisch innerhalb der Asci entstehen, um dann erst nach der Entleerung die begonnene Keimung fortzusetzen.

Nach dieser Auffassung, auf welche schon oben hingedeutet wurde, sind hier auch die eigenthümlichen Sporen von Cordyceps und Torrubia (Léveillé mspt., vgl. Tulasne, Ann. sc. nat. 3e sér., tom. XX, p. 43) zu erwähnen. In den Ascis dieser Pilze werden acht schmale, nadelförmige Sporen gebildet, welche sich mit der Reife durch Querwände in unzählige kurz-cylindrische

Glieder, Theilsporen oder Sporidien theilen, die sich oft noch innerhalb des Ascus spontan von einander trennen. Bei nächstverwandten Genera (z. B. Claviceps, nach Kühn) bleiben die nadelförmigen Sporen bis zu und nach der Keimung ungetheilt und treiben Keimschläuche. Auch die Sporen von Cenangium fuliginosum Fr. verhalten sich wie die von Cordyceps, während die verwandten Cenangien nicht in Glieder zerfallen (Tulasne, Ann. sc. nat. Tom. XX, 3e Sér., p. 135). De Notaris (Microm. ital. Dec. V, in Mem. R. Acad. d. Torino) stellt das Zerfallen auch bei Sporormia fimetaria Not. dar.

Capitel 5.

Geschlechtliche Fortpflanzung und Copulation.

Bei einer Anzahl von Pilzgattungen ist in neuerer Zeit ein geschlechtlicher Zeugungsprocess nachgewiesen worden: bei den Mucorinen findet eine Copulation statt, also ein Vorgang, der sich, nach meiner und Hofmeister's Ansicht, an die sexuelle Zeugung, als eine besondere Form derselben unmittelbar anschliesst. Für sehr zahlreiche Pilze hat man ferner, seit Micheli und Bulliard, das Vorkommen geschlechtlicher Zeugung (Blüthen, Antheren u. s. f.) wenigstens vermuthet.

Beginnen wir mit der Beschreibung der sicher ermittelten Fälle. Zunächst gehören hierher die Saprolegnieen, deren Befruchtungsprocess und Geschlechtsorgane von Pringsheim entdeckt und in seinen Jahrbüchern für wiss. Botanik (I, p. 284, II, p. 205) beschrieben worden sind. Bei denjenigen Formen, die als monöcische zusammengefasst werden können (Saprolegnia monoica, Pythium, Aphanomyces dBy. in Pringsh. Jahrb. II, 169) stellen die weiblichen Geschlechtsorgane, Oogonien, zuerst kugelig anschwellende, protoplasmareiche Zellen dar, welche meistens auf den Enden kurzer Aeste der Thallusschläuche stehen, selten interstitiell gestellt sind. Bei Saprolegnia monoica wird an dem erwachsenen Oogonium die Membran an zahlreichen kreisförmigen Stellen resorbirt, durchlöchert. Zugleich zerfällt das Protoplasma allmählich in mehrere bis viele Portionen, die sich zu Kugeln abrunden und von der Wand zurückziehen, um, in der Mitte des Oogoniums zusammengehäuft, innerhalb wässeriger Flüssigkeit zu schwimmen. Diese Befruchtungskugeln sind zunächst mit glatter, nackter, d. h. einer Cellulosemembran entbehrender Oberfläche versehen. Bei Pythium, Aphanomyces und einzelnen Saprolegnieen zieht sich die ganze Protoplasmamasse des Oogoniums zu einer einzigen Befruchtungskugel zusammen, welche, von wässeriger Flüssigkeit umgeben, die Mitte des Oogoniums einnimmt.

Während der Bildung des Oogoniums wachsen von dem Träger desselben oder von benachbarten Thallusschläuchen aus dünne cylindrische, gekrümmte, manchmal um den Oogoniumträger gewundene Zweige gegen das Oogonium hin. Ihr oberes Ende schmiegt sich der Oogoniumwand fest an, hört hiermit auf in die Länge zu wachsen, schwillt alsdann etwas an und grenzt sich durch eine Querwand zu einer besonderen, gekrümmt länglichen und dem Oogonium fest

anliegenden protoplasmareichen Zelle ab, dem männlichen Geschlechtsorgan oder Antheridium. Einem Oogonium liegen ein oder mehrere Antheridien an. Zur Zeit wo die Bildung der Befruchtungskugeln stattfindet, bemerkt man, dass jede Antheridie einen oder mehrere schlauchförmige, die Wand durchbohrende Fortsätze ins Innere des Oogoniums treibt, welche sich an der Spitze öffnen und ihren Inhalt austreten lassen. In diesem sieht man während des Austretens lebhaft bewegliche Körperchen, kaum $1/_{500}$ Mm. gross, welche auf Grund der Aehnlichkeit der in Rede stehenden Organe mit den gleichnamigen von Vaucheria, für die befruchtenden Formelemente, Samenkörperchen, Spermatozoiden, zu halten sind. Nach Entleerung der Antheridien findet man die Befruchtungskugeln mit einer Cellulosemembran umgeben; sie bilden sich sofort zu derbwandigen Oosporen, nach Pringsheim's für die Algen eingeführter Terminologie aus. Theils nach den in vieler Beziehung analogen Erscheinungen, welche man für Vaucheria und andere Conferven kennt, theils nach Pringsheim's directen Beobachtungen ist es nicht zweifelhaft, dass die Cellulosemembran in Folge einer sexuellen Befruchtung an der Oberfläche der Befruchtungskugeln entsteht, und dass die Befruchtung dadurch geschieht, dass die aus der Antheridie entleerten Samenkörper in die Befruchtungskugeln eindringen und mit der Substanz derselben verschmelzen.

Bei Saprolegnia dioica und Achlya dioica bilden sich die Befruchtungskugeln und Oogonien auf die beschriebene Weise, die Membran der letzteren wird durchlöchert, es legen sich aber keine dünnen antheridientragenden Zweige an sie an. Pringsheim fand bei diesen Arten anderwärts Organe, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit für Antheridien zu halten sind. Dicke, den zoosporenbildenden ähnliche Schläuche erheben sich zu bestimmter Zeit von dem Mycelium und theilen sich durch Querwände in eine Reihe cylindrischer Zellen, welche die Antheridien darstellen. Bei Saprolegnia dioica zerfällt das ganze Protoplasma der Antheridie in unzählige sehr kleine stabförmige Samenkörperchen, die zuletzt in lebhafter Bewegung aus einer sich öffnenden, kurzen halsartigen Ausstülpung der Antheridienwand entleert werden. Bei Achlya dioica theilt sich der Inhalt der cylindrischen Antheridie zunächst in eine Anzahl von Portionen, welche ungefähr die Grösse der Schwärmsporen der Species haben und sich zu kugeligen, in der Mitte der Antheridie zusammengehäuften Zellen ausbilden. In diesen theilt sich dann das Protoplasma in eine Anzahl stabförmiger Samenkörperchen, welche erst aus der Membran ihrer Specialmutterzelle, dann aus der Antheridie ausschwärmen, auf demselben Wege wie bei Saprolegnia dioica. Die Samenkörper beider Arten gleichen denen der Vaucherien, sie sind stabförmig und mit Hülfe einer langen Cilie lebhaft beweglich. Es ist, zumal nach den von den Algen sicher bekannten Thatsachen, wohl anzunehmen, dass die Samenkörper in die Löcher der Oogonien eintreten und sich mit den Befruchtungskugeln vereinigen. Beobachtungen hierüber liegen jedoch noch nicht vor, die Deutung der beschriebenen Organe kann daher noch nicht für vollkommen sicher gelten. Zweifelhafter Natur und jedenfalls fernerer Untersuchung werth sind die zuerst von Nägeli, später von A. Braun und Cienkowski untersuchten, neuerdings von Pringsheim genau beschriebenen und wenigstens für muthmassliche Antheridien einer besonderen Achlya- oder Saprolegnia-species gehaltenen Organe. Dieselben entstehen nach Pringsheims Darstellung

in dicken, den Zoosporangien bildenden ähnlichen Schläuchen, zunächst als Protoplasmaklumpen, welche innerhalb des sonst unveränderten wandständigen Protoplasmas liegen. Sie erhalten bald schärferen Umriss, in ihrem Innern einige homogene kugelige, später ovale Körner, und rücken zuletzt in die blasig erweiterte Spitze des Schlauches. Hier wachsen sie zu runden oder ovalen Zellen heran, bilden eine Cellulosemembran an ihrer Oberfläche und treiben an einer oder an mehreren Stellen eine cylindrische Ausstülpung, welche gegen die Membran des Schlauches wächst, diese durchbohrt, jedoch immer nur sehr wenig nach aussen vortritt. Das von Vacuolen durchsetzte Protoplasma der Zellen zerfällt zuletzt simultan in zahlreiche, $\frac{1}{250}$ Mm. grosse Körperchen, welche aus der sich öffnenden Spitze der cylindrischen Ausstülpung ausschwärmen und, was Bau und Beweglichkeit betrifft, den Samenkörpern der Aglya dioica ähnlich sind. Im Wasser werden diese Körperchen bald ruhig, ohne zu keimen. Während der Entwickelung beschriebener Organe behält das Protoplasma des Schlauches, in dem sie liegen, Anfangs durchaus normale Beschaffenheit; erst bei ihrem späteren Wachsthum verschwindet es allmählich vollständig. Dass die beschriebenen Organe der Saprolegnia, in welcher sie vorkommen, angehören und die Antheridien derselben darstellen, dafür spricht eine Anzahl von Gründen, welche Pringsheim l. c. klar dargelegt hat. Eine andere Ansicht, welche gleichfalls von Pringsheim besprochen wird, dass nämlich die beschriebenen Körper Parasiten seien, welche in die Saprolegnia eindringen und daselbst auf Kosten des Protoplasma fructificiren, gründet sich vorzugsweise auf die grosse Aehnlichkeit jener Körper mit unzweifelhaften Parasiten, nämlich Chytridien. Ferner spricht für dieselbe Pringheims Beobachtung, dass neben den beschriebenen Körpern in den angeschwollenen Schlauchenden zuweilen feinstachelige Kugeln vorkommen, welche denjenigen gleichen, die öfters in Spirogyren, Vaucherien u. s. f. gefunden werden und ohne Frage Organe von Schmarotzern sind. Die Gründe, welche Pringsheim gegen diese Ansicht geltend macht und welche hier nicht ausführlich wiedergegeben werden können, dürften mittlerweile durch neuere Beobachtungen über die Biologie der mikroskopischen Parasiten an Gewicht verloren haben, die ganze Frage neu zu bearbeiten sein. Für weitere Details über die Sexualorgane der Saprolegnieen muss hier auf Pringsheims genannte Arbeiten verwiesen werden.

Die bis jetzt bekannten reifen Oosporen der Saprolegnieen zeigen gleich vielen Sporen eine mässig dicke, in Epi- und Endosporium gesonderte Membran und keimen nach längerer Ruhezeit mit Keimschläuchen. Ausnahmsweise entwickeln letztere schon nach geringer Verlängerung Zoosporen.

Ein directer experimenteller Nachweis von dem Stattfinden eines Befruchtungsprocesses hat bei den Saprolegnieen bis jetzt nicht geliefert werden können, wenn nicht ein von Pringsheim beschriebener Fall dafür angesehen werden darf, in welchem die zahlreichen Befruchtungskugeln einer Saprolegnia, bei zufälligem Fehlen von Antheridien, sämmtlich zu Grunde gingen. Bei der Uebereinstimmung aber, welche die beschriebenen Organe der Saprolegnieen mit den genauer bekannten und theilweise experimentell untersuchten Sexualorganen der Algen zeigen, ist ihnen die gleiche Bedeutung wie diesen ohne Zweifel zuzusprechen. Für die übrigen geschlechtlichen Fortpflanzungsprocesse und Organe bei den Pilzen ist eine experimentelle Untersuchung gar nicht möglich. Die Deutung der

betreffenden Organe als Geschlechtsorgane gründet sich auf die Beständigkeit ihrer Wechselwirkung und auf ihre Aehnlichkeit mit denen der Saprolegnieen.

Den monöcischen Formen letzterer sind der Gestalt und ersten Entwickelung der Sexualorgane nach durchaus ähnlich die Peronosporeen (Fig. 65). In den Intercellularräumen des Parenchyms lebender phanerogamer Pflanzen, welches diese Parasiten bewohnen, entstehen die Oogonien als grosse kugelige, von Protoplasma dicht erfüllte Zellen meist auf den Enden der Myceliumzweige, seltener interstitiell. Lange bevor das Oogonium seine volle Grösse erreicht hat, wächst entweder von dem Myceliumzweige, der es trägt, oder von einem anderen, benachbarten ein dünner Ast gegen dasselbe hin und legt sich mit seinem freien Ende fest an die Wand desselben an. Das Längenwachsthum des Astes hört hiermit auf, sein Ende schwillt etwas an und grenzt sich durch eine Querwand zur selbständigen Zelle, Antheridie, ab, welche gekrümmt-keu-

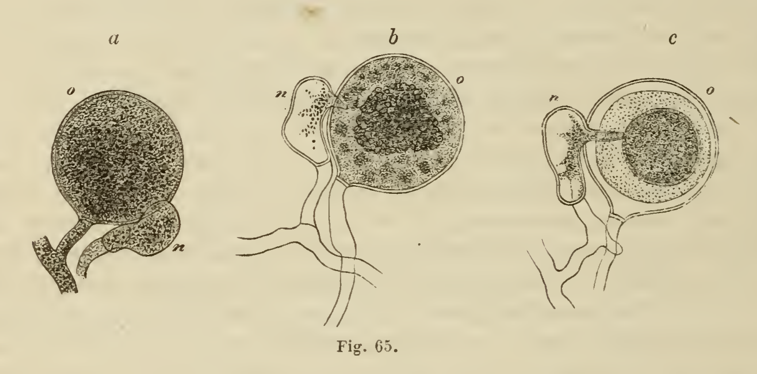


Fig. 65.

lige oder ovale Form, bedeutend geringere Grösse als das Oogonium besitzt und letzterem in einer relativ grossen Berührungsfläche fest angepresst ist. Niemals fand ich ausgebildete Oogonien, an denen die Antheridie unzweifelhaft gefehlt hätte, und nur höchst selten solche, denen zwei Antheridien anlagen.

Haben beide Geschlechtsorgane ihre volle Grösse erreicht, so sondert sich das Protoplasma des Oogoniums in eine peripherische, fast homogene, körnerarme Lage und eine die Mitte einnehmende, durch dicht gehäufte Fettkörner undurchsichtige und dunkele, kugelige Masse: Befruchtungskugel. Sobald diese gebildet ist, treibt die Antheridie von der Berührungsfläche aus eine schmale, einem dünnen Schnabel gleichende, schlauchförmige Ausstülpung, Befruchtungsschlauch, welcher die Oogoniumwand durchbohrt und durch das peripherische Protoplasma direct auf die Befruchtungskugel los wächst. Sobald er die Oberfläche letzterer berührt, steht sein Längenwachsthum still, die Befruchtungskugel aber ist von einer zarten Cellulosemembran rings umgeben und somit zur Oospore geworden.

Fig. 65. Peronospora Alsinearum Casp. Vergr. gegen 350 mal. Geschlechtsorgane. *a* jugendlicher Zustand. *b* Bildung der Befruchtungskugel und des Befruchtungschlauches. *c* nach der Befruchtung; peripherisches Protoplasma durch die Präparation etwas zusammengezogen, Befruchtungsschlauch in diesem Exemplar besonders dick. — *n* Antheridie. *o* Oogonium.

Die Antheridie ist von Anfang an mit mässig dichtem Protoplasma erfüllt, welches zur Zeit der Befruchtung häufig einen centralen rundlichen Ballen darstelllt, von dem schmale Fortsätze nach allen Seiten ausstrahlen. Diese Beschaffenheit bleibt unverändert während und nach der Befruchtung, oft bis zur völligen Reife der Oospore. Das Ende des Befruchtungsschlauches bleibt stets geschlossen, er wächst der jungen Oosporenmembran fest an, von Spermatozoiden ist keine Andeutung vorhanden; die Art der Einwirkung des Schlauches auf die Befruchtungskugel ist daher der des Pollenschlauches der Phanerogamen vergleichbar. Die Cellulosemembran der Oospore nimmt nun an Mächtigkeit zu und entwickelt sich zu der zuletzt derben und geschichteten Innenhaut der Oospore. Zugleich bildet sich aussen um diese eine zweite, allmählich gelb- bis dunkelbraune Farbe annehmende Membran, Aussenhaut, Episporium, welche meist derb und sehr fest, und je nach der Species auf ihrer Oberfläche mit Warzen, Runzeln, netzförmig verbundenen Leisten u. s. w. versehen ist. Bei Cystopus besteht sie aus incrustirter Cellulose, bei Peronospora zeigt sie nie Cellulosereaction. Diese Aussenhaut bildet sich aus dem peripherischen Protoplasma, indem sich dieses allmählich um die Oospore gleichsam niederschlägt und erhärtet. Die reife Oospore liegt, in wässeriger, nur spärliche Körner führender Flüssigkeit suspendirt, innerhalb des Oogoniums, dessen Wand je nach den Arten zur Reifezeit stark verdickt und rigid ist, oder zart bleibt und collabirt. Das reife Endosporium umgibt eine feinkörnige, rings um eine grosse centrale Vacuole wandständige Protoplasmaschichte. Der Befruchtungsschlauch bleibt bis zur Reife deutlich und ist meistens von einer derben bis zur Oogoniumwand reichenden Fortsetzung des Episporiums scheidenartig umgeben.

Die Oosporen der Peronosporeen keimen nach längerem, den Winter über dauerndem Ruhezustand. Es sind bis jetzt zwei Fälle und Formen der Keimung bekannt. Bei Cystopus candidus schwillt das Endosporium mit seinem Inhalt unter Einwirkung von Wasser an, sprengt das Epispor an einer Seite und treibt eine breite, kurze, stumpfe Ausstülpung aus dem Riss hervor. In dem Protoplasma treten dann grosse, wechselnde Vacuolen auf, und alsbald eine simultane Theilung in zahlreiche gleichgrosse Portionen, welche sich rasch zu ebensovielen, den in den geschlechtslosen Sporangien entwickelten völlig gleichen Zoosporen ausbilden. Unmittelbar nach der Theilung schwillt die aus dem Epispor vorgetretene Ausstülpung zu einer kugeligen zarten Blase an, in welche die Zoosporen sofort hineinrücken, um ihre lebhafte Bewegung zu beginnen und alsbald aus der aufgelockerten Blase auszuschwärmen.

Bei Peronospora Valerianellae, und wohl auch den mit dieser zunächst verwandten Arten treibt die keimende Oospore auf feuchtem Boden (nicht unter Wasser) einen Keimschlauch, dessen Membran von der innersten Schichte des Endospors entspringt und die ausserhalb befindlichen Membranschichten durchbricht. Der Schlauch wächst zu bedeutender Länge heran, verzweigt sich reichlich und nimmt ganz das Ansehen von Peronospora-Mycelium an. Sein Eindringen in die Nährpflanze wurde nicht beobachtet.

Ausführlichere Beschreibungen finden sich Bot. Ztg. 1861, p. 89 und Ann. sc. nat. 4e Sér. Tom. XX.

Den beschriebenen Befruchtungen schliesst sich zunächst die Copulation der Mucorinen an, welche erst bei zwei Arten dieser Familie bekannt ist. Die copulirenden Fäden von Rhizopus nigricans Ehrbg. (Fig. 66) sind derbe, niederliegende, ordnungslos verzweigte und durcheinander geschobene Schläuche. Wo sich zwei derselben berühren, treibt jeder gegen den anderen eine erst cylindrische, dem Schlauche selbst gleichdicke Aussackung. Beide Aussackungen sind von Anfang an mit ihren Enden fest aneinandergepresst und wachsen nun zu keulenförmigen Körpern, Fruchtkeulen, von bedeutender Grösse heran, miteinander einen spindelförmigen, quer zwischen den zwei copulirenden Schläuchen stehenden Körper darstellend. Zwischen den Keulen eines

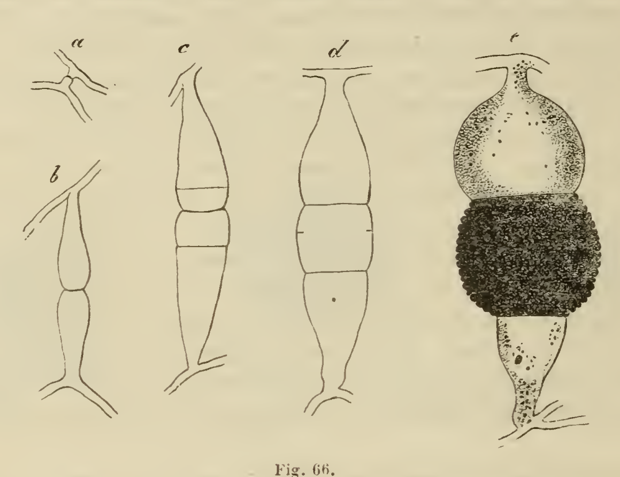


Fig. 66.

Paares besteht zunächst kein constanter Grössenunterschied, oft sind sie einander ganz gleich. In beiden sammelt sich reichliches Protoplasma an, und wenn sie eine bestimmte Grösse erreicht haben, grenzt sich das der anderen zugekehrte breite Ende einer jeden durch eine ebene Querwand als besondere Zelle, Copulationszelle, von dem übrigen Theil der Keule, dem Träger, Suspensor, ab. Die Copulationszellen eines Paares sind der Regel von verschiedener Grösse: die eine ein Cylinder, der so hoch als breit ist, die andere scheibenförmig, nur halb so lang als breit. Die ursprüngliche Membran der Fruchtkeulen bildet zunächst noch zwischen den beiden Copulationszellen eine feste, aus zwei Lamellen bestehende Scheidewand; bald nach Abgrenzung beider Zellen wird diese zuerst in der Mitte durchlöchert, um alsbald gänzlich zu verschwinden, die beiden Zellen verschmelzen somit zu einer Zygospore, d. h. einer Fortpflanzungszelle, welche durch Vereinigung zweier mehr oder minder gleichartiger Zellen gebildet wird. (S. de Bary, Unters. über d. Conjugaten.) Die Zygospore nimmt nach ihrer Anlegung noch gewaltig an Grösse zu, erreicht einen Durchmesser von über $^1/_5$ Mm. Ihre Gestalt wird dabei in der Regel die einer an den Berührungsflächen mit den Suspensoren abgeplatteten

Fig. 66. Rhizopus nigricans Ehr. (Mucor stolonifer, Ehr. Silv. myc.) Bildung der Zygospore. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. *e* fast reife Zygospore, 90fach vergr. Die anderen Figuren nach grösseren Zeichnungen ungefähr auf den Massstab von *e* verkleinert.

Kugel, oder einer kurzen Tonne. Ihre Membran verdickt sich gewaltig, sie besteht zur Zeit der Reife aus einem derben, dunkel blauschwarzen Episporium, welches auf den ebenen Berührungsflächen glatt, auf der freien Fläche mit dicken, innen ausgehöhlten Warzen bedeckt ist; und aus einem dicken, geschichteten, farblosen Endosporium, das aussen mit derben, soliden, in die des Epispors eingepassten Warzen besetzt ist. Der Inhalt ist grobkörniges, oft mit grossen Oeltropfen durchsetztes Protoplasma. Mit der Zygospore wächst der Suspensor der kleineren Copulationszelle zu einer gestielt-kugeligen, oft durch eine Querwand getheilten Blase heran, welche oft nahezu die Grösse der Zygospore erreicht; der Suspensor der grösseren Copulationszelle behält seine ursprüngliche Form und vergrössert sich nicht oder wenig mehr. Selten ist zwischen den beiden Copulationszellen und Suspensoren ein erheblicher Grössenunterschied nicht vorhanden.

Die Copulation von Ehrenbergs berühmtem Syzygites megalocarpus ist, wie ich ausführlich beschrieben habe (Beitr. z. Morphol. d. Pilze I), der von Rhizopus im Wesentlichen gleich; ebenso der Bau der reifen Zygosporen. Nur ist bei Syzygites ein constanter erheblicher Grössenunterschied zwischen den Copulationszellen und Suspensoren eines Paares nicht vorhanden, und die Fruchtkeulen bilden sich zwischen den Aesten aufrechter, regelmässig drei- und zweigabelig verzweigter Fruchtträger. Ferner ist bei Syzygites ein Verhältniss, welches mir bei Rhizopus nie vorgekommen ist, häufig, dass nämlich die Copulationszellen ohne miteinander zu verschmelzen die Structur von Zygosporen annehmen oder, wie dies genannt werden kann, zu Azygosporen werden. Die Keimung der Zygosporen (und Azygosporen) wurde bis jetzt bei Syzygites allein beobachtet. Nach Ablauf eines Ruhezustandes auf feuchtes Substrat gebracht, treiben sie wie derbwandige Sporen einen Keimschlauch, und dieser entwickelt sich sofort, ohne Myceliumbildung, auf Kosten der in der Zygospore aufgespeicherten Reservenahrung zu dem für die Species characteristischen, reich dichotomen, endständige Sporangien bildenden, ungeschlechtlichen Fruchtträger.

Es mag erlaubt sein, hier einige Fälle anzureihen, welche sich den Copulationsprocessen in sofern anschliessen, als bei ihnen je zwei unzweifelhafte Fortpflanzungszellen zu einer verschmelzen. Ich meine erstlich die oben (S. 152, Fig. 63) beschriebene paarweise Hförmige Verbindung, welche constant zwischen den primären Sporidien von Tilletia eintritt. Ferner findet man die Sporidien von Ustilago receptaculorum (Fig. 62, S. 151) meistens mittelst einer engen, offenen Querbrücke paarweise, selten selbst zu dreien verbunden, und ich irre wohl nicht wenn ich angebe, dass sich die Querbrücke zwischen den anfänglich getrennten Sporidien bildet, so lange sie noch dem Promycelium ansitzen. Endlich muss hier der Sporen von Protomyces macrosporus gedacht werden. Dieselben werden, wie auf S. 110 beschrieben worden ist, in grosser Anzahl in den Ascis gebildet und, in Form kleiner cylindrischer Stäbchen, ejaculirt. Feucht gehalten sind sie bald nach der Ejaculation einander paarweise genähert auf eine ihrem Querdurchmesser etwa gleichkommende Strecke; nach einiger Zeit ist jedes Paar durch einen sehr feinen Streifen verbunden, dessen Entstehung aus zwei von den beiden Sporen gegeneinander getriebenen Fortsätzen wahrscheinlich ist, aber wegen seiner Zartheit nicht bestimmt erkannt werden konnte. Der Streifen wird nun breiter und erscheint schon drei bis

vier Stunden nach der Ejaculation als ein Canal, der so breit ist wie die Sporen selbst und die Lumina beider mit einander verbindet.

Die Keimung der Sporidienpaare von Tilletia ist oben beschrieben worden, die von Ust. receptaculorum nicht bekannt. Von den Sporenpaaren des Protomyces steht wenigstens soviel fest, dass sich aus ihnen auf dem geeigneten Substrat ein fruchtbares Protomycesmycelium, allerdings auf nicht völlig aufgeklärte Weise, entwickelt. (S. meine Beiträge zur Morph. d. Pilze I, p. 14).

In wieweit sich die drei letztbeschriebenen Fälle den Copulationserscheinungen der Conjugaten, Mucorinen und mit diesen den sexuellen Zeugungen anschliessen, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Ob vielleicht die brückenartigen Verbindungen und Verschmelzungen, welche man zwischen Keimschläuchen öfters findet, und von denen oben mehrfach die Rede war, zum Theil hierher gehören, ist eine völlig zweifelhafte, bei späteren Untersuchungen aber vielleicht zu berücksichtigende Frage.

Zu den Pilzen deren Geschlechtsorgane bekannt sind, darf wohl nach meinen Untersuchungen (Fruchtentw. d. Ascomyceten, Lpz. 1863) die Gattung Erysiphe gerechnet werden. Bei diesen Pilzen entwickelt sich aber das befruchtete Oogonium oder die Eizelle nicht zur einfachen Oospore, sondern zu einem vielzelligen, sporenbildende Asci enthaltenden Perithecium. Das Mycelium der Erys. Cichoracearum (Fig. 67) besteht, gleich dem der anderen Arten der Gat-

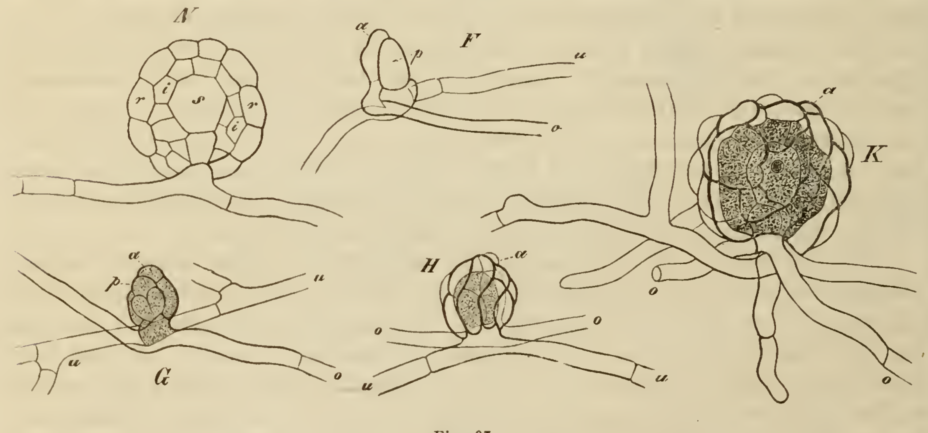


Fig. 67.

tung, aus verzweigten Fäden, welche der Oberhaut des Pflanzentheils, auf welchem der Pilz schmarotzt, fest angeschmiegt sind und einander vielfach durchkreuzen. An den Kreuzungsstellen zweier Fäden beginnt die Bildung der Perithecien. Beide Fäden schwellen etwas an, und jeder treibt eine senkrecht zur Oberhautfläche gestellte, dem Anfange eines Zweiges gleichsehende Aussackung. Die von dem unteren Faden entspringende erhält bald ovale Form, etwa die

Fig. 67. Erysiphe Cichoracearum DC. *F—K* Entwickelung des Peritheciums, 390fach vergr. *o* oberer, *u* unterer Myceliumfaden. *a* Antheridie (in *F* der sich später zur Antheridie abgrenzende Theil). *p* Eizelle. *N* Optischer Längsschnitt durch ein Exemplar vom ungefähren Alter von *K*. *s* Ascus. *i* innere, *r* äussere Wand des Peritheciums.

doppelte Dicke wie der Myceliumfaden und grenzt sich von diesem durch eine Querwand ab als besondere Zelle: Eizelle (*p*). Die Aussackung des oben liegenden Fadens wächst, der Eizelle immer innig angeschmiegt, zu einem schmalen cylindrischen Schlauche heran, der an dem Scheitel der Eizelle stumpf endigt. An seiner Basis grenzt er sich gleichfalls durch eine Querwand ab, und bald darauf entsteht nahe unter seiner Spitze an einer schon vorher durch eine leichte Einschnürung bezeicheten Stelle eine zweite Querwand; diese grenzt eine kurze, stumpfe terminale Zelle, die Antheridie (*a*), von ihrer schmal cylindrischen Stielzelle ab. Bald nach Bildung der Antheridie beginnen Neubildungen in der Umgebung der Eizelle und in letzterer selbst. Zunächst wachsen unter derselben, aus dem Tragfaden, acht bis neun stumpfe Schläuche hervor, welche, seitlich fest aneinander und an die Stielzelle der Antheridie schliessend und mit ihrer Innenfläche der Eizelle angeschmiegt, an dieser emporwachsen bis ihre Spitzen über dem Scheitel der Eizelle zusammenstossen. Jeder der Schläuche theilt sich dann durch Querwände in zwei bis drei Zellen, und hiermit ist die vielzellige Aussenwand des Peritheciums gebildet. Die Eizelle wird mittlerweile grösser und theilt sich bald — auf nicht genau ermittelte Weise — in eine centrale Zelle, welche von einer meist einfachen Lage kleiner, der Aussenwand anliegender rings umgeben wird. Die centrale Zelle wächst zu dem, bei in Rede stehender Art einzigen Ascus heran, die sie umgebende Schicht zur Innenwand des kugeligen Peritheciums. Die weiteren Veränderungen bestehen lediglich in einer bedeutenden Vergrösserung des Peritheciums durch Ausdehnung seiner sämmtlichen Zellen, in dem Hervorwachsen von Wurzelhaaren aus der Aussenwand, dem Braunwerden letzterer und endlich der Sporenbildung in dem Ascus. Von letzterer ist oben die Rede gewesen. Die Antheridie bleibt lange erkennbar, ohne sich wesentlich zu verändern, mit der Bräunung des Peritheciums wird sie undeutlich.

Andere Erysiphe-Arten zeigen Eizelle und Antheridie in der beschriebenen Weise, nur mit unwesentlichen Formverschiedenheiten. Der Bau ihrer reifen Perithecien stimmt mit dem beschriebenen in der Hauptsache überein, nur ist meist eine Mehrzahl von Asci vorhanden, zwischen denen zahlreiche Reihen und Gruppen steriler Zellen stehen. Die Theilungen der Eizelle müssen daher weit complicirter sein, als bei E. Cichoracearum; der Beobachtung haben sie sich bis jetzt, wegen der Undurchsichtigkeit der jungen Perithecien, entzogen. Ueber die Structur der reifen Perithecien vergleiche man Tulasne, Selecta fung. Carpol. I. und Ann. sc. nat. 4e sér., tom. VI, p. 299.

Der Perithecienbildung von Erysiphe schliesst sich vielleicht die von Eurotium an. Wie ich früher beschrieben habe (Bot. Ztg. 1854) rollen sich die perithecienbildenden Fäden dieses Pilzes an ihrer Spitze korkzieherartig zusammen, in meistens sechs Windungen, welche sich zu einem hohlen, schraubenähnlichen Körper fest aneinander legen. In dem nächsten beobachteten Stadium ist dieser Körper etwas angeschwollen und aus zahlreichen runden Zellen zusammengesetzt, welche auch die frühere Höhlung in seiner Mitte ausfüllen. Die oberflächlichen derselben sind zunächst noch deutlich zu einer schraubenförmigen Reihe angeordnet. In welcher Weise die Veränderungen und Zelltheilungen vor sich gehen, durch welche dieses zweite Entwickelungsstadium hergestellt wird, konnte bis jetzt nicht ermittelt werden; dass ein hierher gehörender

Vorgang (Befruchtung, Copulation) dabei stattfindet, ist jedoch nicht unwahrscheinlich. Der vielzellige Körper vergrössert sich unter Theilung seiner Zellen und nimmt alsbald Kugelform an. Die Zellen der oberflächlichsten Schichte (oder nur ihre äusseren Wände, was von neuem zu untersuchen ist) erhalten bald polygonale Form, gelbe Farbe, und werden zu der dünnen Wand des Peritheciums. Im Inneren dieses dauert die Theilung lange an, zuletzt werden sämmtliche Zellen zu typisch 8sporigen rundlich eiförmigen Ascis.

Nach den Erscheinungen bei Erysiphe liegt die Vermuthung nahe, dass auch bei anderen Ascomyceten entweder das einzelne Perithecium, oder das mehrere Perithecien tragende Stroma, oder die entsprechenden Organe der Discomyceten, Tuberaceen u. s. w. Producte einer geschlechtlichen Zeugung sind. Beweise hierfür konnten jedoch bisher nicht gefunden werden. Was über die Entwickelung der Perithecien in dem Stroma ermittelt und oben (S. 98) mitgetheilt wurde, zeigt von einer Befruchtung nichts. Sollmann's Beobachtungen an »Sphaerella Plantaginis« (Bot. Ztg. 1864, p. 281) zeigen im besten Falle, dass ein Perithecium in der ersten Jugend aus wenigen, einander berührenden und von einem Myceliumfaden entspringenden Zellen besteht; wie sie die Vermuthung eines sexuellen Zeugungsprocesses begründen sollen, ist schwer abzusehen. Bei Peziza confluens P. habe ich (Fruchtentw. d. Ascomyceten p. 11) gefunden, dass die erste Anlage des Fruchtträgers aus eigenthümlichen paarigen, protoplasmareichen Körpern besteht, die, in eine Rosette zusammengruppirt, von einem oder wenigen Myceliumfäden entspringen. Jedes Paar ist zusammengesetzt aus einer kleineren keulenförmigen, einzelligen Hälfte und einer grösseren, die gekrümmt ei- oder keulenförmig ist und aus zwei breiten, übereinanderstehenden Zellen besteht, deren obere auf ihrem Scheitel eine dritte cylindrische und hakig gekrümmte trägt (Fig. 68). Beide Hälften sind der Länge nach fest aneinder geschmiegt und die hakige Zelle um den Scheitel der kleineren Hälfte geschlungen. Am Grunde der Rosette sprossen cylindrische Hyphen (*f*) hervor, welche die Paare rasch völlig umwachsen und umspinnen und sich ihrerseits zu dem hymeniumtragenden Fruchtkörper weiter entwickeln. An den Paaren ist keine weitere Veränderung, als starke Ausdehnung ihrer Zellen zu bemerken, zuletzt werden sie unkenntlich; ob und wie sie einer Befruchtung dienen, ist eine durchaus unentschiedene Frage.

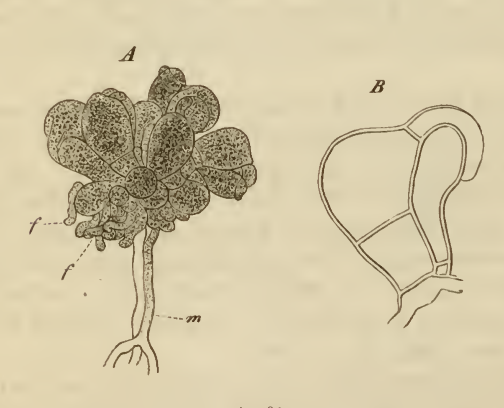


Fig. 68.

Von den sicher ermittelten Fällen geschlechtlicher Zeugung bei den Pilzen sind wir somit auf die zweifelhaften und die Vermuthungen gekommen. Zu

Fig. 68. Peziza confluens P. *A* Rosettenförmige Anlage des Fruchtträgers, oben aus den beschriebenen Paaren bestehend, *f* Anfänge der später die Paare überwachsenden Fäden. *m* Mycelium. Vergr. 190. — *B* Umrisse eines einzelnen Paares, 390fach vergr.

solchen haben gerade die Ascomyceten mehrfach Anlass gegeben. Es ist nicht zu läugnen, dass die Asci mit den Oogonien, zumal der Peronosporeen, mancherlei Aehnlichkeit zeigen, und hierin mag der Grund liegen, warum man in ihnen mehrfach weibliche Geschlechtsorgane suchte und zu finden glaubte. Bei Tuber aestivum fand Hofmeister (Jahrb. f. wiss. Bot. II, p. 378) die Endzellen eines oder mehrerer dünner Fäden, welche oft von den dickeren, denen die Asci aufsitzen, als Zweige entspringen, an verschiedenen Stellen der Aussenfläche des Ascus fest angewachsen. An der Verwachsungsstelle war oft ein Tüpfel in der Membran des Ascus, und an jüngeren Asci fanden sich solche Tüpfel, ohne dass sich ein Faden angelegt hätte. Das Anwachsen fand statt zur Zeit, wo die Sporen oder ihre Aussenhaut angelegt wurden. Nach diesen, an Saprolegnia monoica erinnernden Thatsachen vermuthet Hofmeister in den Endzellen der anliegenden Fäden Antheridien, in den Ascis der Trüffeln Oogonien. Ich habe später (Fruchtentw. der Ascom. p. 24) gezeigt, dass bei Tuber-Species, welche wegen ihres grosszelligen und lockeren Gewebes zur Beobachtung geeigneter sind als T. aestivum, solche Antheridien nicht vorhanden sind, dass die Sporenentwickelung in den Ascis der Trüffeln der von anderen Ascomyceten im Wesentlichen gleich ist (s. oben S. 106) und dass in dem sehr dichten Gewebe von Tub. aestivum ein festes Aneinanderhaften der Asci und der dünnen Fäden, zwischen welche sie eingedrängt sind, eine leicht erklärliche, fast unvermeidliche Erscheinung ist, welche, zumal dem Verhalten der anderen Arten gegenüber, zu den von Hofmeister gezogenen Schlüssen nicht berechtigt.

Sollmann hat kürzlich (Bot. Ztg. 1864, p. 265) behauptet, dass in den Ascis von Nectria die Sporen in Folge einer von eingedrungenen Samenkörperchen (Spermatien) ausgeübten Befruchtung gebildet werden. Diese Angabe beruht auf einer Täuschung, indem die angeblich eingedrungenen Körperchen Sporidien, Keimungsprodukte der vorher in der gewöhnlichen Weise gebildeten Sporen sind. Vergl. oben S. 153 u. 154 und Janowitsch, Bot. Ztg. 1865. Was Corda, Icon. fung. III, V, etc. bei den Ascomyceten Antheridien nennt, sind unzweifelhaft nur junge Asci.

Nach allen diesen Thatschen werden die Asci der Ascomyceten allgemein für geschlechtslose Fortpflanzungsorgane zu halten sein.

Wiederum sind es vorzugsweise Ascomyceten, bei denen Tulasne die mit dem Namen Spermatien bezeichneten Organe und ihre Behälter oder Träger die Spermogonien (Spermogonia oder Spermogonium) entdeckt hat, in welchen man nicht ohne Grund männliche Sexualorgane vermuthete oder noch vermuthet. Dieselben kommen jedoch nicht den Ascomyceten allein zu, sondern sind auch bei den Uredineen und Tremellinen (und Lichenen) gefunden worden.

Die Spermatien sind kleine, ovale oder meistens schmal-stabförmige, häufig auch (z. B. Rhytisma, Diatrype — Fig. 70 —, Polystigma) gekrümmte Körperchen. Ihre absolute Grösse ist nach Species sehr verschieden; bei schmaler Stäbchenform sind sie z. B. bei Tympanis conspersa $^{1}/_{330}$ Mm., bei Dermatea carpinea $^{1}/_{100}$ Mm., bei Peziza arduennensis Mont. bis $^{1}/_{69}$ Mm. lang (Tulasne). Ihr Bau ist, soweit unterscheidbar, der von sehr kleinen, zarten Sporen mit homogenem Protoplasma, ihre Entstehung der von acrogenen Sporen gleich: sie werden einzeln oder reihenweise (Uredineen) abgeschnürt auf der Spitze einfacher kurzer und schmaler Fäden — Sterigmen, Basidien — oder auf

ebenfalls sehr schmalen und zarten verzweigten Hyphen, und zwar theils auf den Zweigenden, theils auch nicht selten (z. B. Triblidium quercinum, Tympanis, Peziza benesuada) an den oberen Enden der Zellen, welche die Fäden zusammensetzen, also in Beziehung auf den ganzen abschnürenden Faden seitlich. Die Spermatien werden, mit kaum nennenswerthen Ausnahmen, immer in grosser Menge bei einander gebildet. Sie sind dann einer beim Austrocknen hart und spröde werdenden, bei Ueberschuss von Wasser bis zur Unkenntlichkeit zerfliessenden Gallerte eingebettet. Bringt man sie mit dieser in eine relativ grosse Menge Wasser, so zeigen sie eine leicht wackelnde, oscillirende Bewegung, welche kleineren in Gallerte eingebetteten Sporen ebenfalls unter den gleichen Bedingungen zukommt, den durch Kochen, Einwirkung von absolutem Alkohol getödteten Spermatien ebensowohl wie den frischen lebenden eigen, und daher für eine rein physikalische Erscheinung zu halten ist, hervorgebracht durch die Bewegung, welche bei der Quellung und theilweisen Lösung der Gallerte im Wasser entsteht, und so kleinen und leichten Körperchen, wie die Spermatien sind, mitgetheilt werden muss.

Was ihre Bildungsstätte anlangt, so entstehen die Spermatien in relativ seltenen Fällen in denselben Hymenien wie die Asci. Bei Tulasne's Peziza benesuada (Fig. 69) finden sich in einzelnen, keineswegs in allen Becherchen zwischen den Ascis, an den Orten, wo sonst die Paraphysen stehen, dünne verzweigte Fäden, welche unzählige stäbchenförmige Spermatien abschnüren. Ebensolche Organe nehmen den Rand der schüsselförmigen schlauchführenden Hymenien von Cenangium Frangulae Tul. ein.



Fig. 69.

Zweitens besitzen, wie im folgenden Capitel genauer beschrieben werden wird, die Ascomyceten vielfach neben den schlauchbildenden solche Hymenien (Pycniden Tul.), in welchen besondere Sporen (Stylosporen Tul.) durch Abschnürung oder einfache Theilung auf stielförmigen Basidien erzeugt werden. Nicht selten werden in diesen Pycniden ausser den Stylosporen Spermatien abgeschnürt; so, nach Tulasne, bei Cenangium Fraxini Tul., Dermatea carpinea Fr., D. Coryli Tul., D. dissepta Tul., wo die spermatienbildenden Fäden ebenfalls vorzugsweise den Rand der Hymenien einnehmen; ferner bei Dermatea amoena Tul., Peziza arduennensis Mont., Aglaospora. Von Nicht-Ascomyceten ist hier Tremella mesenterica anzuführen, in deren Hymenien Tulasne neben den typischen Basidien reichverzweigte spermatienabschnürende Fäden gefunden hat.

Drittens sind als Spermatien von Tulasne wenigstens in früherer Zeit bezeichnet worden die kleinen Zellchen, welche von den keimenden Tremellinen- und manchen Pezizasporen abgeschnürt werden und oben (S. 154) bei den Sporidien Erwähnung gefunden haben.

Fig. 69. Peziza benesuada Tul. Ascus, umgeben von spermatienabschnürenden Paraphysen. Stark vergr., nach Tulasne copirt.

In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle endlich findet die Entwickelung der Spermatien in jenen besonderen Körpern statt, welche von Tulasne den Namen Spermogonien erhalten haben. Diese besitzen in einer Anzahl von Fällen die Form von convexen, polster-knoten-hornförmigen Körpern, deren Oberfläche mit dem spermatienabschnürenden Hymenium bedeckt ist, und dabei entweder glatt oder nur wenig uneben (Peziza fusarioides Berk., »Dacryomyces Urticae Fr.«, Bulgaria sarcoides Fr., »Coryne sarcoides Fr.«, Calosphaeria princeps Tul.) oder von tiefen gyrös gewundenen und mit dem Sper-

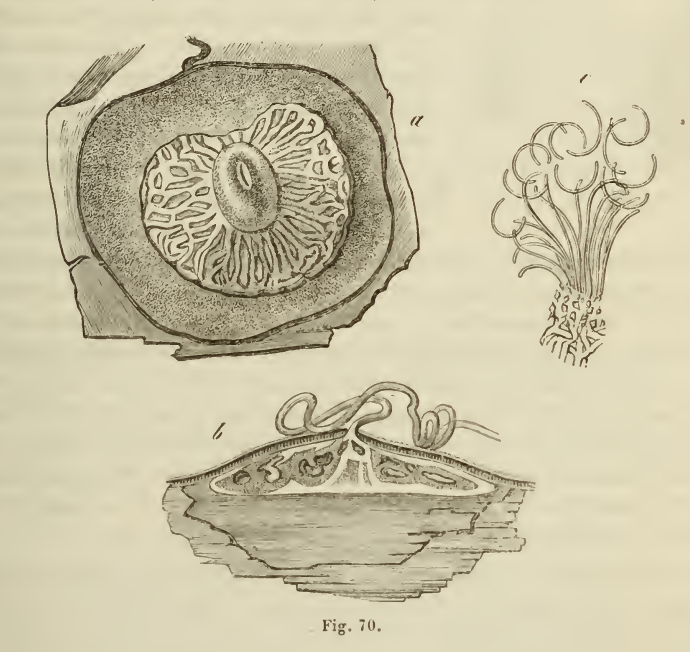


Fig. 70.

matienhymenium ausgekleideten Furchen durchzogen (Stictosphaeria Hoffmanni Tul., »Myxosporium croceum Lk.«, Diatrype Tul., Quaternaria Tul., »Naemasporae, Libertellae spec.«, s. Fig. 70). Die weitaus grösste Menge von Spermogonien stellt dagegen, den Perithecien ähnlich, hohle Behälter dar, mit glatter, krugförmiger oder sehr oft reichlich und aufs unregelmässigste gyrös-faltiger Höhlung. Letztere erscheint, bei enger Faltung, auf Durchschnitten vielfächerig. Sie ist allenthalben mit dem spermatienbildenden Hymenium bekleidet, die fertigen Spermatien, von Gallerte umhüllt, erfüllen die enge Höhlung vollständig und treten, wenn die Gallerte durch Feuchtigkeit aufquillt, zu Gallerttropfen oder langen Ranken zusammengeballt, in Unzahl aus der engen

Fig. 70. Diatrype quercina Fr. *a* Spermogonium, auf einem Stück Rinde, durch Entfernung des Periderma frei gelegt. Die gyrös faltige, kegelförmig zulaufende Oberfläche trägt das Spermatienhymenium, *b* senkrechter Längsschnitt durch ein Spermogonium; aus einer Oeffnung in dem bedeckenden Periderma quillt eine rankenförmige Spermatienmasse hervor. *a* und *b* schwach-vergr. *c* Fragment eines dünnen Durchschnittes durch die Oberfläche des Spermogonium, mit sichelförmigen Spermatien und ihren Sterigmen, 360fach vergr. Alle Figg. nach Tulasne copirt.

Oeffnung hervor, mit welcher der Behälter nach aussen mündet. Krugförmige Spermogonien dieser Art, mit glatter Wand und einer bei den meisten Arten von pfriemenförmigen, nach aussen vorragenden Paraphysen eingefassten Mündung besitzen die Uredineen (»Aecidiolum exanthematum Unger« [Fig. 71]). Von demselben Bau, jedoch der Mündungsparaphysen entbehrend, meist weit stattlicher und oft gyrös vielfächerig sind diejenigen, welche Tulasne für eine grosse Zahl Pyrenomyceten und kleinere Discomyceten nachgewiesen hat.

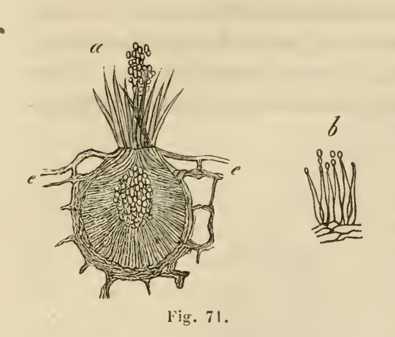


Fig. 71.

Die Spermogonien sind, wie sich nach dem Gesagten erwarten lässt, den Beobachtern vor Tulasne vielfach bekannt gewesen, aber nicht für Organe der Ascomyceten, Uredineen u. s. w., sondern für besondere Pilzspecies, beziehungsweise Genera gehalten und benannt worden; die Namen dieser sind in den oben erwähnten Beispielen mit »« bezeichnet; andere nur Spermogonien bedeutende bekanntere Gattungsnamen sind z. B. Cytispora, Naemaspora, Libertella, Melasmia, u. s. f. Das Wesentliche von Tulasne's Entdeckung besteht in dem Nachweis, dass eben die Spermogonien nur Organe anderweitig fructificirender Pilze sind; einem Nachweis, welcher jetzt für eine sehr grosse Reihe von Fällen durch anatomische und entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen vollständig geliefert ist, so dass zwar hier und da noch Zweifel bestehen können, welcher Species ein bestimmtes Spermogonium angehört, aber jeder Streit mit Denjenigen, die wie z. B. Bonorden in den Spermogonien immer nur besondere Pilzarten sehen wollen, überflüssig ist.

Tulasne vermuthete in den Spermogonien männliche Geschlechtsorgane, in den Spermatien die Analoga der Spermatozoiden und stützte sich hierfür auf zwei Wahrscheinlichkeitsgründe, nämlich dass die Spermatien nicht keimten und dass die Spermogonienentwickelung meistentheils der Entstehung der sporenbildenden Organe vorangeht, — Verhältnisse, welche allerdings an die von den Spermatozoiden und Antheridien anderer Gewächse bekannten erinnern. Welches die zu befruchtenden weiblichen Organe speciell seien, blieb unentschieden. Für viele anfänglich den Spermatien zugezählte Organe ist nun in neuerer Zeit, wiederum besonders durch Tulasne, nachgewiesen worden, dass sie keimen und hiernach zu den Sporen zu rechnen sind. Ferner ist zu beachten, dass manche Sporen nur unter ganz bestimmten Bedingungen keimen. Es ist daher zur Zeit zweifelhaft, ob es wirklich absolut keimungsunfähige Spermatien gibt, oder ob nicht das Ausbleiben der Keimung darin seinen Grund hat, dass in den bisherigen Versuchen nicht die richtigen Bedingungen hergestellt waren. Es ist ferner bis jetzt immer noch keine Spur von weiblichen Geschlechtsorganen gefunden worden, die etwa durch Spermatien befruchtet würden; und endlich kommen bei den Ascomyceten vielfach unzweifelhafte sporenabschnürende, in

Fig. 71. Puccinia graminis. *a* Spermogonium dem Parenchym der Nährpflanze (Berberis vulgaris) eingesenkt, aus der Epidermis *e*—*e* vorbrechend. Vergr. 200. *b* Sterigmen mit jungen Spermatien. Vergr. etwa 350.

dem folgenden Capitel zu besprechende Organe (Pycniden u. s. f.) gleich den Spermogonien als Vorläufer der Schlauchfructification vor. Die Bedeutung der Spermogonien und Spermatien muss daher zur Zeit als völlig zweifelhaft bezeichnet werden; für diejenigen der letzteren, bei welchen keine Keimung beobachtet ist, ist jedoch die ursprüngliche Vermuthung, oder vielleicht die, dass sie die Rolle von Androsporen (in der von Pringsheim bei den Conferven gebrauchten Bedeutung des Wortes) spielen, immerhin nicht ganz von der Hand zu weisen. Beobachtungen, welche ich an den bis jetzt nie keimenden Spermatien und den Spermogonien der Uredineen angestellt habe, sind allerdings einer solchen Annahme nicht günstig. Wie später zu beschreiben ist, sind hier die Spermogonien constante Begleiter und Vorläufer der sogenannten Aecidiumfrucht, und die Vermuthung liegt nahe, dass sie zu dieser in irgend einer sexuellen Beziehung stehen. Bei Culturen von Endophyllum Sempervivi erhielt ich nun aber auf einigen von anderen völlig isolirten Sempervivumstöcken Aecidien mit normal keimenden Sporen in reicher Menge, ohne eine Spur von Spermogonien oder Spermatien.

Die Spermatien und Spermogonien wurden von Tulasne entdeckt (wenn sie auch Früheren schon als besondere Formen, Species bekannt waren) und für viele Fälle genau beschrieben:

Note sur l'appareil reproduct. d. l. Lichens et les Champignons. Compt.-rend. Tom. XXXII, p. 470. Ann. sc. nat. 3e Sér., Tom. XV, p. 370 (1851).

Ferner:

Ann. sc. nat. 3e Sér., Tom. XIX (Tremellinen). Ibid. 4e Sér., Tom. II (Uredinei). Ibid. 4e Sér., Tom. V (Pyrenomycetes). Ibid. 3e Sér., Tom. XX (Discomycetes).

Ferner:

Tulasne, Selecta fung. Carpol. Vol. II et I, p. 180.

Berkeley and Broome, in Hooker's Journ. of Bot. 1851 (Tom. III) p. 319.

de Bary, Brandpilze, p. 61, 78.

Anhangsweise mag hier noch das von Hoffmann (Bot. Ztg. 1854, p. 249) angegebene Vorkommen von »Spermatien bei einem Fadenpilze« erwähnt werden. Von dem Mycelium des (schwerlich eine selbständige Art repräsentirenden) Trichothecium roseum Lk. sollen, nach Hoffmanns Angabe, die quirlig verästelten, selten einfachen Hyphen mit acrogenen, von Gallerte umhüllten Sporenköpfchen entspringen, welche Corda Acrostalagmus cinnabarinus, Bonorden Verticillium ruberrimum genannt hat. Die länglich cylindrischen, sehr kleinen und im Wasser oscillirenden Sporen letztgenannter Form haben mit Spermatien von Pyrenomyceten, Uredineen u. s. f. grosse Aehnlichkeit und werden diesen von Hoffmann angereiht, zumal da er sie nicht keimen sah. Da das Mycelium des Acrostalagmus manchmal sehr zart und unscheinbar, andere Male dem des Trichothecium sehr ähnlich ist, da es mir nie gelang, beide Formen aus demselben Mycelium entspringen zu sehen, wohl aber, den Acrostalagmus mehrere Generationen hindurch aus seinen eigenen leicht keimenden Sporen zu erziehen, so ist die Vermuthung verzeihlich, dass eine Verwechselung der Mycelien zweier verbreiteter und oft geselliger Schimmelformen den Angaben Hoffmanns zum Grunde liegt, und zur Aufklärung der Sache neue Untersuchung nothwendig.

An die Spermatienfrage schliesst sich unmittelbar an die von älteren Beobachtern, (Bulliard, Fr. Hoffmann, Tode, Holmskiold) discutirte Ansicht, nach

welcher das dem blossen Auge auffallende Pulver oder Mehl auf der Oberfläche der Xylarien und verwandter Sphaeriaceen den männlichen Geschlechtsapparat darstellen sollte. Es ist heutzutage unzweifelhaft, dass dieses, soweit es den betreffenden Pilzen wirklich angehört, theils aus besonderen acrogenen Sporen (Conidien, Stylosporen) theils aus Spermatien in dem oben bezeichneten Sinne des Wortes besteht. Ausführlicheres hierüber findet man bei Tulasne, Fung. carp. I, p. 172, seq.

Bei denjenigen Pilzen endlich, welche noch von Vielen für die höchstorganisirten gehalten werden, den Hymenomyceten, sind männliche Geschlechtsorgane vielfach gesucht worden. J. Hedwig (Theor. generat. et fructif. plant. crypt. Ed. 2) glaubte in dem Ringe oder den Streifen und Schuppen am Stiele der Hutpilze die Träger der männlichen Geschlechtsorgane gefunden zu haben, für letztere selbst aber sieht er Körnchen an, welche sich auf genannten Theilen anhäufen, und welche seiner Darstellung nach nichts anderes sein können, als die von dem Hymenium abgefallenen Sporen. Schon viel früher hatte Micheli auf dem Hymenium von Coprinus eigenthümliche blasenförmige Organe beschrieben und vielleicht (doch scheint mir dieses nicht ausgemacht) die nämlichen Organe von anderen Agaricinen als flores apetali, nudi, ex mero constantes filamento bezeichnet. Bulliard (Champ. de France T. I, p. 39—50) hat wohl jene nämlichen blasenförmigen Organe für vésicules spermatiques gehalten, also für männliche Sexualorgane; dieselben wurden später von den Bearbeitern des Agaricinen-Hymeniums vielfach beschrieben und von Léveillé Cystiden, von Phoebus Paraphysen genannt, von Klotzsch, Corda aber (Icon. Fung. III, p. 44) geradezu Antheridien, Antheren oder Pollinarien. Eine besondere Abhandlung hat ihnen neuerdings H. Hoffmann gewidmet (Bot. Zeitg. 1856, p. 137). Besagte Organe kommen bei der Mehrzahl fleischiger Hymenomyceten vor (Agaricus, Boletus, Polyporus), bei manchen (Agar. lateritius, A. geophyllus, Cantharellus aurantiacus) inconstant nach Phoebus; bei Hydnum, Clavaria scheinen sie bis jetzt nicht gefunden zu sein. Auch in dem Hymenium der Hymenogastreen (Hymenogaster, Octaviania carnea) finden sie sich hie und da, und ihnen schliessen sich ohne Zweifel die oben erwähnten Paraphysen von Geaster hygrometricus an. Die Cystiden sind grosse Zellen, welche dadurch besonders auffallen, dass sie mehr oder minder weit über die Hymenialfläche vorragen. Sie haben im Uebrigen die gleiche Richtung und Befestigung wie die Basidien. Ihre Gestalt und Grösse ist nach den Species sehr verschieden; meist constant und charakteristisch für die einzelnen Arten, weniger für Genera und Subgenera. Als bemerkenswerthe Formen sind zu erwähnen vor allen die grossen, dem blossen Auge schon auffallenden, ovalen oder länglichen, stumpfen Blasen, welche, soweit die Angaben reichen, sämmtlichen Coprinis eigen sind (Fig. 43). In einer Reihe anderer Fälle ist ihre Gestalt cylindrisch, keulen- oder flaschenförmig, mit stumpfen (Polyporus umbellatus nach Corda, Agar. viscidus L. nach Phoebus) oder gespitzten, oder geknöpften Enden (Lactarius, Russula, Boletus nach Corda) einfache oder verzweigte cylindrisch-haarförmige Cystiden haben z. B. A. fumosus P. A. laccatus Scop. (Hoffmann) u. s. w. Bei A. Pluteus P. sind sie flaschenförmig und am oberen Ende mit mehreren kurzen, spitzen etwas zurückgekrümmten Aussackungen mir mit Widerhäkchen versehen (Ditmar, in Sturm D. fl. III, 1,

Tab. 28). Speciellere Formbeschreibungen findet man bei den citirten Schriftstellern.



Fig. 43 (vgl. S. 112).

Die Structur der Cystiden zeigt wenig eigenthümliches: eine zarte, farblose Membran umgibt in den meisten Fällen einen farblosen Inhalt, der entweder von einem vacuolendurchsetzten Protoplasmakörper gebildet oder ganz wasserhell ist. Bei Coprinus micaceus (Fig. 43, *p*) fand ich an halbreifen Hymenien im Innern der Cystiden einen centralen unregelmässig länglichen Protoplasmakörper, von dem zahlreiche verzweigte und anastomosirende fadenförmige Fortsätze zur Wand hin ausstrahlten. Diese zeigten einen erstaunlich lebhaften amöbenartigen Gestaltwechsel; ältere Cystiden dieses Pilzes sind fast ganz wasserhell. Bei Lactarius deliciosus und auch wohl den verwandten Arten sind die Cystiden mit dicht körnigem, undurchsichtigem Inhalt erfüllt. Sie gleichen hierin den Milchröhren, und es sieht auf dicken Schnitten oft aus, als seien sie Zweige dieser, zumal da sie hier tief unter das subhymeniale Gewebe ins Innere der Trama ragen. Ich sah sie jedoch immer nur von nicht milchführenden Tramahyphen als Zweige entspringen. — Bei Agar. balaninus Berk. sind die Cystiden von tief purpurrother Farbe (Montagne, Esq. Org. et phys. de la classe des Champign.).

Nach Corda, und schon nach zweifelhaften Angaben Früherer, entleeren die Cystiden zuletzt ihren Inhalt in Tropfenform durch die der Abbildung nach geöffnete Spitze. Dass dieses spontan erfolge, davon konnte ich mich so wenig als Hoffmann überzeugen; selbst das Platzen der in Wasser gebrachten Cystiden, das nach Hoffmann ganz regellos erfolgt, sah ich nur selten. Dass ihre Oberfläche feucht ist, und oft Flüssigkeittröpfchen trägt, ist eine Erscheinung, welche sie mit allen saftreichen Pilzzellen gemein haben.

Die Cystiden entwickeln sich ohngefähr zu gleicher Zeit mit den Basidien. Sie stehen theils ordnungslos zwischen diesen zerstreut, theils und vorzugsweise findet man sie am freien Rande der Hymenialfortsätze, zumal an der Lamellenschneide der Agaricinen. Ihre Zahl ist im Vergleich zu der der Basidien immer gering, oft überaus spärlich.

Diejenigen, welche die Cystiden für männliche Sexualorgane hielten, stellten sich vor, die reifen, abgefallenen Sporen blieben an der feuchten Oberfläche

haften und würden von der dort befindlichen Flüssigkeit befruchtet (Corda, l. c. und besonders Klotzsch, in Dietrichs flor. boruss. Bd. 6 bei Coprinus deliquescens); die Befruchtung hätte eine Erhöhung oder vielleicht erst Herstellung der Keimfähigkeit der reifen Spore zur Folge. Wäre diese durchaus unerwiesene Angabe richtig, so würde man es eher mit einer Art Düngung als mit Befruchtung zu thun haben. Andere Beobachtungen über etwaige weibliche, zu befruchtende Sexualorgane liegen nicht vor, und nach den mitgetheilten Thatsachen ist aller Grund vorhanden, die Cystiden für nichts weiter als eigenthümliche Haarbildungen zu halten. Viele haben geradezu die Gestalt cylindrischer gewöhnlicher Haare, die der Coprini haben mit den Gliedern der Haare auf der sterilen Oberfläche des Fruchtträgers die grösste Aehnlichkeit, und bei manchen Pilzen findet man unzweifelhafte Haarbildungen an den Stellen, wo bei anderen die Cystiden stehen; so an dem Rande der Tubuli von Fistulina, so die über Hymenialfläche vorragenden, den Pollinarien sehr ähnlichen, aber mit überall derber verdickter Wand versehenen Borsten mancher Thelephoren, wie des Corticium quercinum und besonders der Gruppe, welche Léveillé Hymenochaete genannt hat (Theleph. tabacina, Th. rubiginosa u. a. Vgl. Léveillé, Ann. sc. nat. 3. Sér. tom. V, 1846, p. 150).

Eine ausführliche Aufzählung dessen, was zumal von älteren Autoren über die Pollinarien gesagt ist, wäre hier zwecklos. Man vergleiche hierüber die citirten Arbeiten, zumal Phoebus und Tulasne's Fung. Carpol. I, p. 163 seq.; die im Texte kurz citirten Arbeiten sind dieselben, welche sich mit dem Hymenium und den Basidien beschäftigen und auf S. 134 ausführlich angegeben sind.

In neuester Zeit ist A. S. Oersted (Verhandl. d. K. Dän. Ges. d. Wiss. 1. Jan. 1865) den Geschlechtsorganen der Hymenomyceten vielleicht an einem anderen Orte als wo man sie früher suchte auf die Spur gekommen. An dem Mycelium von Agaricus (Crepidotus) variabilis P. nämlich fand er Zellen (»Eizellen«), welche an den Hyphen wie Zweiganlagen entstehen, länglich-nierenförmige Gestalt haben, reichliches Protoplasma und vielleicht einen Zellkern enthalten. An der Basis der Eizellen entspringen die muthmasslichen Antheridien: 1—2 dünne schlanke Fäden, die mit ihren Enden den Oogonien meistens abgewendet, selten angelegt sind. Die Eizelle wird nun, ohne weitere bemerkbare Veränderungen zu erleiden, von einem Geflechte Myceliumhyphen umwachsen, welche von dem sie tragenden Faden entspringen, und dieses Geflecht ist die Anlage des Fruchtträgers (Hutes). Ob und wie hier eine Befruchtung wirklich stattfindet, ist vorläufig zweifelhaft. Erweist sich Oersted's Ansicht als richtig, so ist natürlich der ganze Fruchtträger ein Product der Befruchtung.

Schon 1860 hat Karsten eine Vermuthung in diesem Sinne ausgesprochen (Geschlechtsleben d. Pfl. p. 50). Seine Beobachtungen der ersten Entwickelung des Hutes von Agaricus campestris scheinen, soweit aus dem unklaren Bericht darüber (Bonplandia 1862, p. 63) ersehen werden kann, mit denen Oersted's übereinzustimmen.

Unverkennbar ist die Aehnlichkeit der von Oersted beobachteten Erscheinungen mit den oben für Peziza confluens beschriebenen.

Dritte Abtheilung.

Entwickelungsgang der Pilze. Pleomorphie. Generationswechsel.

Capitel 6.

Bis vor 14 Jahren galt es als eine ausgemachte Sache, dass jede Pilzspecies nur eine bestimmte Form von Fructificationsorganen entwickele. Einsichtsvollen Beobachtern, wie schon Link, Jos. Banks, Albertini und Schweinitz, Fries, Berkeley, war es zwar längst aufgefallen, dass gewisse Pilzfructificationen constant gesellig mit einander und in bestimmter Reihenfolge auftreten, wie die Formen der Uredineen, die weissen Oidien auf lebenden Phanerogamen und die Erysiphen, die Tubercularien, Cytisporen und Sphaerien u. s. f. Die eine, früher auftretende Fruchtform wurde mehrfach für einen niederen Entwickelungszustand der anderen, späteren gehalten und Fries unterschied sogar schon im Systema mycologicum zwischen Sporen (sporidia) und einer zweiten, manchen Pilzen zukommenden Form von Fortpflanzungsorganen, die er Conidia, organa gonidiis algarum respondentia nannte. Er fügt allerdings (Syst. myc. III, 363) hinzu: duplex esse sporidiorum in eadem planta genus omnino denegamus. Je mehr aber die Formen der Pilze genauer mit dem Mikroskop untersucht wurden, um so bestimmter lernte man in den vermeintlichen niederen Entwickelungsstadien und den Conidien wohlausgebildete typische Fortpflanzungsorgane kennen; und da es für selbstverständlich galt, dass eine Pilzspecies nur eine Form von Sporen haben könne, wie eine phanerogame Pflanze nur einerlei Samen, so hielt man die angedeutete Geselligkeit mancher Fruchtformen für eine zufällige Erscheinung oder für eine Folge des Schmarotzens eines Pilzes auf dem andern, jede besondere Sporenform aber repräsentirte immer eine besondere Species. Einzelne Fälle, in welchen es unzweifelhaft war oder schien, dass auf demselben Pilzfaden zweierlei Sporen gebildet werden, wie der bei Corda dargestellte von Ascophora elegans (Ic. fung. III, p. 14) und der andere, zweifelhafte, von Penicillium glaucum (Corda, Icon. I, p. 21) erschienen nur als sonderbare Ausnahmen und konnten die herrschende Ueberzeugung zunächst nicht im mindesten erschüttern.

Da trat 1851 Tulasne (Cpt. rend. 24 et 31 Mars; Ann. sc. nat. XV.) mit der Entdeckung zuerst auf, dass eine Pilzspecies nicht nur in einzelnen Fällen mehrerlei Sporenformen haben könne, sondern dass sich zunächst bei der grossen Familie der Pyrenomyceten mehrerlei Fortpflanzungsorgane constant und in bestimmter Succession entwickeln, nämlich Spermogonien mit Spermatien, Pycniden mit Stylosporen, Conidien und endlich die ascusbildenden Perithecien. Er zeigte, dass eine Reihe von Gattungen, welche bisher auf Grund einer einzelnen Form von Sporen aufgestellt worden waren, nur Formengruppen, Formgenera kann man sagen, sind, dass z. B. die Formgenera Cytispora, Naemaspora, Micropera, Ascochyta, Sporocadus, Melanconium, als Spermogonien, Pycniden und conidientragende Organe in den Entwickelungskreis ächter, schlauchbildender Sphaerien gehören; er wies gleichzeitig eine ähnliche Multiplicität der Reproductionsorgane

für die Lichenen nach. Zahlreiche weitere unten anzuführende Arbeiten Tulasne's zeigten alsbald die typische Pleomorphie der Reproductionsorgane für fernere Gattungen, Familien und Ordnungen der Pilze, und sein unter dem Titel Selecta fungorum carpologia begonnenes Werk hat speciell die Aufgabe seine Entdeckungen in der bezeichneten Richtung in der sorgfältigst ausgearbeiteten Form darzustellen. Tulasne's Entdeckungen wurden bald von Anderen bestätigt und theilweise erweitert. Auch an Widersachern fehlte es, wie natürlich, anfangs nicht, doch muss jeder sorgfältige Beobachter bald zur Anerkennung des Pleomorphismus der Pilze kommen, und wer ihn, wie Bonorden noch heute, überall in Abrede stellt, dem kann nur das entgegnet werden, dass er mit grösserer Sorgfalt untersuchen möge. Weit grösser als die Schwierigkeit des Auffindens der verschiedenen Fruchtformen ist die Gefahr, nicht zusammengehörende Organe in den Entwickelungskreis einer und derselben Species zusammenzustellen. Tulasne hat sich selber in dieser Beziehung schon Irrungen nachgewiesen, für eine Reihe von Einzelfällen bestehen noch ungelöste Zweifel und Controversen. Dem Anfänger ist daher für seine Untersuchungen und Schlussfolgerungen die grösste Behutsamkeit anzuempfehlen.

Zur Nachweisung des Pleomorphismus der Pilze sind zwei Methoden möglich. Die erste, von Tulasne vorzugsweise angewendete, besteht in der genauen anatomischen Untersuchung des fertigen Pilzes, des Ursprunges der verschiedenen Fruchtformen von dem Mycelium und Fruchtträger. Die zweite, von mir mehrfach in Anwendung gebrachte besteht in sorgfältig geleiteten Aussaatversuchen, welche die Entwickelungsproducte der verschiedenen Sporenformen unter geeigneten Bedingungen durch alle Stadien zu verfolgen haben. Die Anwendung dieser zweiten Methode hat nicht nur für die Lehre vom Pleomorphismus Bestätigungen geliefert, sondern auch für eine Reihe von Pilzgruppen die Bedeutung der verschiedenen Fortpflanzungsorgane in dem Entwickelungsgang der Species, und mehrfach eine gesetzmässige Abwechselung, einen Generationswechsel näher kennen gelehrt, welcher zwischen denselben besteht.

Zur Zeit sind unsere Kenntnisse von der Gesammtentwickelung der Arten allerdings noch lückenhaft. Hier ist es zunächst nothwendig, eine Uebersicht der Thatsachen und Ansichten zu geben, welche bis jetzt von den einzelnen Genera und Ordnungen bekannt sind, und erst am Schlusse die Feststellung allgemeiner Gesichtspunkte zu versuchen.

Für die

1. Saprolegnieen

ist zuerst durch Schleiden (Grundz. 3. Aufl. I, 314) und A. Braun (Verjüngg. p. 286) später besonders genau durch Pringsheim (l. c.) das Vorhandensein der Geschlechtsorgane neben den geschlechtslosen Schwärmsporangien nachgewiesen worden. An der Zusammengehörigkeit von beiderlei Organen wurde bei den in Rede stehenden Gewächsen ebenso wenig wie bei den Conferven jemals ernstlich gezweifelt. Soweit die vorhandenen Untersuchungen reichen, entwickelt sich bei den Saprolegnieen aus der keimenden Schwärmspore sowohl wie der Oospore ein Mycelium, welches zuerst Zoosporangien, später Sexualorgane entwickelt. Bei den Formen, welche Pringsheim monöcische nennt, entstehen Oogonien und Antheridien gleichzeitig; bei den anderen zuerst die Zoosporangien, dann die antheridien- oder androsporenbildenden Zweige, zuletzt die Oogonien.

Vergl. oben, S. 156. Bei einigen Saprolegnieen, Sapr. ferax und Aphanomyces besonders, ist der ganze Kreislauf der Entwickelung anscheinend lückenlos wiederholt beobachtet, und an ihnen nur die Bildung und Keimung der beschriebenen, im Wasser sich ausbildenden Organe gefunden worden. Es ist jedoch möglich, dass vielleicht besondere Arten, vielleicht auch alle Saprolegnieen noch ein nicht genau aufgeklärtes Entwickelungsstadium ausserhalb des Wassers durchlaufen. Bekanntlich entwickeln sich die meisten der in Rede stehenden Gewächse besonders häufig auf ins Wasser gefallenen Insecten, zumal Fliegen. Viele dieser Thiere, vor allen die Stubenfliege, sind einer Erkrankung ausgesetzt, welche seit Göthe bekannt, neuerdings von Cohn (Nov. act. Ac. Nat. curios. vol. 25 P. I) und Lebert (Verhandl. d. naturf. Ges. Zürich 1856) ausführlich beschrieben worden ist. Die Krankheit wird durch das Auftreten von Pilzbildungen charakterisirt, welche von Cohn den Gattungsnamen Empusa, von Lebert Myiophyton, von Fresenius (Bot. Ztg. 1856 und Abhandl. d. Senckenb. Ges. Frankfurt II, p. 201) Entomophthora erhalten hat. Die Entwickelung dieser Pilze, wie sie bei der Entomophthora der Stubenfliege verfolgt ist, beginnt mit dem Auftreten zahlreicher kleiner farbloser Zellchen in dem Blute des Thieres. Die Zellchen wachsen rasch zu einer bedeutenden Grösse heran und behalten dabei die ursprüngliche Kugel- oder Eiform, oder nehmen die Gestalt gestreckter Schläuche an. Mit dieser Entwickelung schreitet die Erkrankung der Thiere gleichmässig fort, der Hinterleib schwillt beträchtlich an, die Bewegung wird träge, zuletzt stirbt die Fliege unter eigenthümlichen Streckungen und Verkrümmungen der Gliedmassen. Schon vor dem Tode haben sich die Zellen im Innern gestreckt und blindendigende Schläuche getrieben, die sich wurzelähnlich verlängern und verästeln und Blut und Eingeweide allmählich verdrängen und aufzehren. Acht bis zehn Stunden nach dem Tode wird die die Körpersegmente verbindende Haut von den Enden der Entomophthora-Schläuche durchbohrt, diese strecken sich und schnüren auf ihrer Spitze eine grosse, rundliche, oben etwas zugespitzte, oft von einer weiten hyalinen, sackartigen Aussenhaut umgebene Spore ab, welche bis auf 3 Cm. Entfernung weggeschleudert wird; die todte Fliege ist daher bald von einem weissstaubigen Hofe umgeben. Die Entwickelung des Pilzes in dem Insect ist hiermit abgeschlossen. Die frischen Sporen, welche die genannten Autoren nicht zur Keimung bringen konnten, treiben auf Wasser lange, dicke Keimschläuche. Gesunde Thiere durch die Sporen zu inficiren ist stets total misslungen, die Entstehung der ersten zarten Zellchen im Blute zweifelhaft: Cohn lässt sie durch freie Zellbildung, durch eine Art Generatio spontanea oder Heterogenie entstehen, Lebert möchte, und wohl mit Recht, lieber von Generatio incognita reden. Nach einer Notiz von Cienkowski (Bot. Ztg. 1855, p. 805) und nach Bails bestimmter Versicherung (Bericht d. Vers. d. Naturforscher in Königsberg) vermögen aber die Entomophthora-Zellen zu »Achlya-Schläuchen«, d. h. zu Zoosporangien tragenden Schläuchen von wie es scheint verschiedenen grösseren Saprolegnieen auszuwachsen, wenn sie in noch jugendlichem Entwickelungszustand, jedenfalls bevor sie nach aussen hervorgetreten sind, ins Wasser gebracht werden. Sind diese, allerdings noch genauer Prüfung bedürftigen Angaben richtig, so ist jedenfalls eine wesentliche Erweiterung des Entwickelungskreises der Saprolegnieen zu erwarten.

2. Peronosporeen.

Der Entwickelungsgang dieser in lebenden Phanerogamen schmarotzenden Pilze hat mit dem der Saprolegnieen viele Aehnlichkeit. Das Mycelium erzeugt zuerst auf baumförmig verzweigten (Peronospora) oder kurz keulenförmigen, zu dichten Hymenien vereinigten (Cystopus), immer an die Oberfläche des befallenen Pflanzentheils tretenden Fruchtträgern geschlechtslose, einzeln (Peronospora) oder reihenweise (Cystopus) abgeschnürte Fortpflanzungszellen, die passend als Conidien zu bezeichnen sind (Vgl. oben, Fig. 19, 49, 52). Je nach den Species sind diese entweder einfache Sporen, die einen zu einem neuen Mycelium auswachsenden Keimschlauch treiben; oder, bei Peronosp. infestans und anderen Arten, und bei Cystopus sind die Conidien Zoosporangien, aus der keimenden Zoospore wird dann ein neues Mycelium. Die Cystopusarten, vielleicht mit Ausnahme von C. candidus, haben zweierlei Conidien: Das Endglied einer jeden Reihe ist derbwandiger und meist etwas grösser als die übrigen, oft gelblichbraun gefärbt und mit spärlichem Protoplasma versehen. Ich fand es immer glatt und keimungsunfähig; Tulasne sah die Oberfläche bei C. Portulacae mit drei gleichweit von einander entfernten Längsfurchen versehen und beobachtete nach Aussaat auf Wasser das Austreiben eines einfachen Keimschlauchs (Second Mém. s. l. Urédinées p. 110). Die übrigen Conidien jeder Reihe sind farblos und bilden Zoosporen. Das conidienbildende Mycelium erzeugt später die von Tulasne (Cpt. rend. 26. Juin 1854) zuerst aufgefundenen, oben, S. 158 beschriebenen Sexualorgane. Die keimende Oospore entwickelt, wie S. 159 beschrieben ist, bei Cystopus candidus direct Schwärmsporen, welche dann gleich den aus den Conidien stammenden ein fruchtbares Mycelium erzeugen; bei Peronosp. Valerianellae treibt sie einen ohne Zweifel zum Mycelium heranwachsenden Keimschlauch.

Vgl. de Bary, Recherches s. l. développement de quelques Champ. parasites. Ann. Sc. nat. 4. Sér. Tom. XX. und Beitr. z. Morph. d. Pilze, II.

Caspary (Ueber zwei- und dreierlei Früchte einiger Schimmelpilze, Monatsber. d. Berl. Acad. Mai 1855) gibt für einige Peronosporen noch eine dritte Art von Früchten an, die er Sporidangia nennt, grosse blasenförmige Behälter, welche in dem Parenchym der Nährpflanze sitzen und sehr zahlreiche elliptische oder cylindrische »Sporidien« enthalten. Ich habe früher diese Organe nicht finden können und (l. c.) die Vermuthung ausgesprochen, besagte Sporidangien seien vielleicht unreife Oogonien. Nach den von Caspary selbst mir freundlichst mitgetheilten Präparaten aber sind es Pycniden von Pleospora, Stigmatea oder einem anderen kleinen Pyrenomyceten, die mit der Entwickelung der Peronosporen nicht zusammengehören, wohl aber sich häufig in dem von diesen getödteten Parenchym ansiedeln.

3. Mucorini.

Bei den Pilzen dieser Gruppe treten, wie seit lange bekannt ist, aus einem reichverzweigten Mycelium aufrechte Fruchthyphen hervor, welche auf ihren Enden kugelige, durch eine ebene (Hydrophora Bonord.) oder hochgewölbte, mit dem Namen Columella bezeichnete Querwand von dem Träger abgegrenzte Sporangien mit bewegungslosen Sporen tragen, die auf S. 121 besprochen worden sind. Mycelium und Fruchtträger sind bis zur Sporenbildung unseptirte Schläuche; mit der Fruchtentwickelung oder kurz vorher treten Querwände auf. Die angegebene geschlechtslose Sporangien- und Sporenbildung ist jedenfalls für die Mucorinen

charakteristisch und galt lange für ihre einzige Fortpflanzungsweise. Bei vielen Formen und guten Arten (z. B. Mucor fusiger Lk., M. macrocarpus Cd.) ist sie auch heute die allein bekannte. Für andere haben neue Untersuchungen eine grosse Vielgestaltigkeit der Fructificationsorgane theils nachgewiesen, theils mit mehr oder weniger Grund vermuthen lassen.

Am vollständigsten ist der Entwickelungsgang bekannt für Syzygites megalocarpus. Vergl. de Bary, Beitr. z. Morphol. u. Phys. d. Pilze I, wo auch die Litteratur über diesen Pilz verzeichnet ist. Das in fleischigen Schwämmen wachsende Mycelium dieses Pilzes treibt zweierlei Fruchtträger: Geschlechtslose, aus langgestrecktem Stamme wiederholt gabelig verzweigte, auf den Enddichotomien kugelige mit einer Columella versehene Mucorsporangien bildende Sporenträger; sie sind unter den Namen Aspergillus maximus und Sporodinia grandis Link längst bekannt. Zweitens drei- oder zweigabelig verzweigte, durch Ehrenberg 1829 als Syzygites beschriebene Zygosporenträger, welche die auf S. 160 dargestellten grossen Zygosporen (und Azygosporen) entwickeln. Der keimenden Zygospore entsprosst ein Keimschlauch, welcher direct, ohne Mycelium zu bilden, zu einem, oder, sich verzweigend, zu einigen Sporenträgern auswächst. Aus der keimenden Spore entwickelt sich auf geeignetem Substrat ein Mycelium, das zuerst Zygosporenträger und nachher, rings um diese, Sporenträger erzeugt. Anomalien in diesem regelmässigen Generationswechsel kommen insofern vor, als das Mycelium die zweierlei Fruchtträger auch in umgekehrter Reihenfolge, oder geschlechtslose allein bilden kann. Nach Tulasne Cpt. rend. Tom. 41, p. 617 und einer in der Vignette vor den Tafeln der Sel. fung. carpol. befindlichen Zeichnung kommt es auch vor, dass beiderlei Fruchtformen auf verschiedenen Zweigen eines und desselben Fruchtträgers gebildet werden.

Ein jedenfalls ähnlicher Entwickelungsgang kommt Ehrenbergs Mucor stolonifer oder Rhizopus nigricans (Epist. de Mycetogenesi Tab. X) zu. An derben niederliegenden Schläuchen entwickeln sich einerseits die S. 160 beschriebenen Zygosporen, andrerseits, auf kurzen, aufrechten, einzeln oder büschelig beisammenstehenden Trägern geschlechtslose Sporangien. Das aus den Sporen erwachsene Mycelium entwickelt oft immer nur geschlechtslose Reproductionsorgane. Wo beiderlei Organe gebildet werden, ist keine strenge und regelmässige Succession derselben vorhanden. Die Zygosporenkeimung von Rhizopus ist noch nicht beobachtet.

Eine anscheinend regellose Pleomorphie der Fortpflanzungsorgane findet sich bei einer Art, die ich Mucor Mucedo nennen will, und welche von den Autoren unter diesem und wohl auch vielen anderen Namen beschrieben ist. Sie wächst spontan und in den Culturen auf faulenden Früchten, Speisen, Zuckerlösungen und besonders üppig auf Mist. Ihre genauere Kenntniss ist den Arbeiten von Woronin zu danken (vgl. Beitr. z. Morph. u. Phys. d. Pilze II). Zygosporen sind bei Mucor Mucedo noch nicht sicher gefunden worden. Aus seinem Mycelium erheben sich zuerst einfache oder mit einigen zerstreuten Zweigen versehene, verschieden starke Fruchtträger mit terminalen kugeligen Sporangien, die eine grosse Columella besitzen und ovale farblose Sporen bilden. Sehr oft bleibt es bei dieser Bildung. In anderen Fällen aber treten später aus dem Mycelium Fruchthyphen hervor, welche kurze, überaus reich dichotom verzweigte Aestchen treiben und auf den Enddichotomien dieser wiederum kleine kugelige, der Colu-

mella entbehrende Sporangien, Sporangiolen, mit 2 bis wenigen Sporen entwickeln. Die sporangiolentragenden Zweige entspringen entweder an den Seiten eines Fruchtfadens, der mit einem gewöhnlichen grossen Sporangium endigt, einzeln oder in Wirteln, die dem blossen Auge als weisse, kaum stecknadelkopfgrosse Kügelchen erscheinen; seltener nehmen sie das Ende der Fruchthyphe ein und diese entbehrt dann des grossen Sporangiums. Die sporangiolentragende Form ist unter den Namen Thamnidium elegans Lk. und Ascophora elegans Corda (Icon. III, 14) beschrieben und abgebildet. Zwischenformen zwischen ihr und dem nicht sporangiolentragenden Pilze finden sich nicht selten unter den typischen. Bei dem auf Mist wachsenden Mucor Mucedo tritt zuletzt, wenn die Sporangien- und Sporangiolenbildung nachlässt, eine dritte Form von Fruchtträgern aus dem Mycelium hervor, die als Conidienträger bezeichnet werden soll und von Berkeley und Broome (Ann. Magaz. nat. hist. 2d Ser., Vol. 13) zuerst als Botrytis Jonesii, von Fresenius (Beitr. z. Mycol. p. 97) unter dem Namen Chaetocladium beschrieben worden ist. Es sind aufrechte, schlanke Schläuche, die auf einer Höhe von etwa 5—6 Millim. einen oder einige in geringen Abständen übereinander stehende Wirtel von zwei bis sechs abstehenden Aesten tragen. Diese Aeste erster Ordnung tragen etwa in ihrer Mitte durchschnittlich drei wiederum wirtelig gestellte secundäre Zweige, deren jeder in seiner Mitte abermals zwei bis drei Wirtelästchen trägt. Die Enden der Zweige zweiter und dritter Ordnung laufen meistens in pfriemenförmige Spitzen aus, die Zweige der dritten Ordnung aber tragen wiederum unter der Spitze einen Wirtel von drei und mehr kurzen Aestchen, deren jedes drei bis funfzehn und zwanzig kugelige Sporen — Conidien — simultan abschnürt. Die Enden der tertiären Zweige tragen öfters gleichfalls statt der pfriemenförmigen Spitze einen ebensolchen Sporenstand. Einzelne Abweichungen von dem angegebenen Verzweigungsschema finden sich nicht selten (Fig. 72). Sporangien oder Sporangiolen sind auf den Conidienträgern nie gefunden worden.



Fig. 72.

Die Keimung aller drei Sporenformen erfolgt leicht nach Aussaat in eiweisshaltige Zuckerlösung, Fruchtsäfte, schwer und bei den Conidien gar nicht in destillirtem oder Trinkwasser. Bei genau controlirten, auf dem Objectträger lückenlos beobachteten Aussaatversuchen keimten alle drei Sporenformen mit Schläuchen, die sich rasch zu einem reichästigen Mycelium entwickelten, und dieses trieb alsbald Fruchthyphen mit Sporangien, Sporangiolen oder intermediären Formen. Auch aus den Conidien erwuchs nur sporangientragendes Mycelium. Diese Culturresultate setzen somit ausser Zweifel, dass die drei beschriebenen Fruchtformen dem Entwickelungskreise der nämlichen Species

Fig. 72. Mucor Mucedo, Stück eines Conidienträgers, 200fach vergr., nach einer Zeichnung von M. Woronin. *b* Ast zweiter Ordnung.

angehören. Mucor Mucedo besitzt noch eine vierte Form hier zu erwähnender Organe, welche schon 1838 von Berkeley (Magaz. of Zoology and Botany Vol. II, p. 340), neuerdings von Bail (Flora 1857, p. 417) und Zabel (Mélanges biol. Acad. St.-Pétersbourg, Tom. III) beschrieben sind, und hier Brutzellen heissen mögen. An alten Mycelien nämlich, oder an solchen, wo durch mangelhafte Ernährung, Luftabsperrung und dergleichen die Sporenbildung gehindert wird, grenzen sich kurz-cylindrische, mit homogenem Protoplasma dicht erfüllte Stücke durch Querwände zu besonderen Zellen ab. Diese behalten cylindrische Gestalt oder schwellen zu Ei- oder fast Kugelform an. Sie entstehen einzeln oder reihenweise entweder in der Continuität der Fäden oder den Zweigenden; wo letzteres der Fall ist, stellen sie oft lange, einfache oder verästelte rosenkranzförmige Reihen dar, deren Glieder verbunden bleiben oder sich schliesslich von einander trennen. In eine geeignete Flüssigkeit, z. B. Zuckerlösung gebracht, wachsen diese Zellen, keimenden Sporen gleich, sofort zu einem normal fructificirenden Mycelium aus. Ebensolche, und zwar interstitielle Brutzellen hat Coemans bei Mucor Mucedo (M. vulgaris Coem.) und Rhizopus nigricans gefunden und Chlamydosporen genannt. (Spicilège mycologique Nr. 7, ex Bullet. acad. Belg. 2e Sér., Tom. XVI, Nr. 8.)

Zu den unzweifelhaft mit mehrerlei Fruchtformen versehenen Mucorinen gehört ferner der von Tulasne, Sel. Fungor. Carpol. I, p. 64 kurz erwähnte Azygites, dessen ausführlichere Beschreibung abzuwarten ist; und vielleicht auch die wunderbare Kickxella alabastrina Coemans (Spicil. mycol. Nr. 3), welche jedoch noch nicht genau genug untersucht ist um ein sicheres Urtheil zu gestatten.

Bei Pilobolus sind Organe, welche den Brutzellen von Mucor zu entsprechen scheinen, derbwandige, ovale Zellen, die den Enden kurzer Myceliumzweige aufsitzen, von Coemans (Spicil. mycol. Nr. 6) und Woronin gefunden worden. Coemans fand ferner bei alten Culturen von Pilob. oedipus eine Art Conidienbildung: die zu Anlagen gewöhnlicher Fruchtträger angeschwollenen Zweigenden des Myceliums trieben, statt zu Fruchtträgern auszuwachsen, aus ihrer Spitze mehrere fadenförmige, reich und wiederholt verzweigte Schläuche, die sich durch Querwände in cylindrisch-eiförmige, zuletzt sich von einander trennende Glieder, Conidien, theilten (Monogr. du genre Pilobolus, p. 54). Ueber die Keimung oder sonstige Weiterentwickelung dieser Organe liegen keine Untersuchungen vor. Zygosporen von Pilobolus hat vielleicht Woronin beobachtet. Auf einer über Winter eingetrockneten Cultur von P. crystallinus auf Kuhmist fanden sich kugelige grosse Zellen mit derber gelbbrauner, runzeliger Aussenhaut und farbloser Innenhaut. Sie sassen auf einer blasig-obconischen Erweiterung vertrockneter Myceliumfäden, wie die Azygosporen von Syzygites auf ihrem Suspensor, von einem zweiten Suspensor war nichts zu bemerken. Wiederangefeuchtet trieben diese Organe einen dicken aufrechten Keimschlauch, der sich, ohne Mycelium zu entwickeln, direct zu einem typischen Sporangiumträger ausbildete. Bei aller Aehnlichkeit dieser Erscheinungen mit den von Syzygites beschriebenen ist es zweifelhaft, ob es sich hier um Analoga der Zygosporen oder um derbwandige Ueberwinterungsformen einfacher Sporenträger handelte. Die in den Sporangien entwickelten Sporen von Pilobolus trieben auf geeignetem Substrat (zumal Mist oder dessen

Decoct Keimschläuche, die sich direct zu einem sporangienbildenden Mycelium entwickeln. Man kann solche Culturen viele Generationen hindurch auf dem Objectträger machen, und Coemans hat (Monogr. p. 53) gezeigt, wie die Sporen durch Herbivoren zufällig verschluckt, noch im Darm des Thieres zu keimen beginnen, so dass auf den Excrementen alsbald die Sporangiumträger erscheinen. —

Für eine Reihe von Mucorinen liegt ferner eine Anzahl ganz zweifelhafter, auf Pleomorphie der Fructification bezüglicher Angaben vor. Bei Pilobolus fand Coemans (Spicilège Nr. 6) ausser den schon erwähnten Organen erstlich »eine zweite Art von Sporangien«, relativ kleine, zuletzt morgensternförmig-stachelige endständige Zellen. Sie lösen sich zuletzt vom Mycelium los, und »bedecken sich entweder mit einem fädigen, mehr oder minder dichten Filze, scheinen jedoch dabei nicht zu keimen; oder sie treiben eine Unzahl gestielter Knöspchen, die zu farblosen Sporen heranwachsen; oder, am häufigsten, erzeugen sie endogene Sporen« durch Theilung des Protoplasma. Die Erklärung dieser Angaben ist von ferneren Untersuchungen zu erwarten; ich habe morgensternförmige Zellen, welche auf Coemans' Beschreibung und Abbildung ziemlich gut passen, auf Mist oft beobachtet, mit und ohne Pilobolus, aber auf einem zartfädigen, farblosen Mycelium, das mit dem vom Pilobolus nur den Standort gemein hatte. Zweitens beschreibt Coemans eine zweite Form von Conidien des Pil. oedipus; sie werden auf den Astenden fächerförmig verzweigter (penicilliumähnlicher) Myceliumäste abgeschnürt. Auch über sie sind genauere Angaben abzuwarten.

Bei Rhizopus nigricans fand Coemans eine ganze Anzahl verschiedener Organe. Erstlich neben den gewöhnlichen Sporangien kleinere, — vielleicht Krüppelformen, wie solche häufig sind, oder Organe, welche den Sporangiolen von Thamnidium entsprechen. Zweitens proliferirende Sporangien, deren Beschreibung hier unterbleibt, weil sie ohne Zweifel nur alte, von einem kleinen Fadenpilze überwucherte oder durchwachsene Sporangien oder Columellen sind. Drittens Conidien, deren flüchtige Beschreibung ebenfalls vermuthen lässt, dass sie dem Rhizopus fremd sind. Viertens die schon oben erwähnten Chlamydosporen. Fünftens Pycniden: Spindelförmige, 1—5 Mm. lange und bis ½ Mm. dicke, manchmal auch unregelmässig gestaltete Körper, welche meist einzeln von den derberen Myceliumfäden entspringen, mit einer vielzelligen Wand und einer axilen, conisch-cylindrischen Columella versehen und von zahlreichen kleinen Sporen (»Stylosporen«) erfüllt sind. Diese Organe entwickeln sich, wenn die Sporangienbildung aufgehört hat. Ihre Bedeutung muss zweifelhaft bleiben, so lange über ihre Entwickelung nichts näheres bekannt ist.

Ansichten über den Pleomorphismus der Mucorinen, welche viel weiter gehen, als die bisher angeführten, hat Bail ausgesprochen. (Ueber Krankheiten der Insecten durch Pilze. In d. Bericht der Vers. D. Naturforscher zu Königsberg. Die wichtigsten Sätze der neueren Mykologie. Nov. Act. Acad. Natur. Curios. Band 28.) Nach ihm sind Entomophthora, Achlya prolifera und Mucor Mucedo nur Formen einer Species. In Bierwürze entwickelt sich aus Mucor Mucedo Bierhefe, Hormiscium Cerevisiae, und die oben (S. 175) unbeantwortet gebliebene Frage nach dem Ursprung der Entomophthora in den Fliegen beantwortet er: wenn Hefe von Fliegen gefressen wird, bilden sich die Hefezellen im Innern

des Thieres zu den Anfängen von Entomophthora aus. Was die erste dieser Angaben betrifft, so ist von dem vermuthlichen Zusammenhange zwischen Entomophthora und Saprolegnia oben (S. 175) die Rede gewesen. Die a priori nicht wahrscheinliche Ansicht, dass Mucor Mucedo nur eine Form von Achlya sei, gründet Bail auf die Beobachtung einer Portion Mücken, die von Entomophthora erfüllt waren, und aus denen, bei Cultur auf feuchtem Moose, überall Mucor Mucedo hervorbrach. Da die Entomophthora vor Erscheinen des Mucor schon fructificirt hatte, und letzterer ein allverbreiteter Schimmelpilz ist, berechtigt die eine Beobachtung Bails zu nichts weniger als seiner Behauptung. Mir haben viele mannigfach variirte Versuche, einen genetischen Zusammenhang zwischen Mucor und Saprolegnieen nachzuweisen, nur verneinende Resultate ergeben.

Die zweite Ansicht Bails führt auf die Frage nach der Natur und Entstehung der Alkoholgährung erregenden Fermentorganismen oder Hefepilze, eine Frage, die hier ihre Besprechung finden mag, da wir über den Ort, wo sie wirklich hingehört, noch im Unklaren sind. Die Bierhefe, Hormiscium Cerevisiae Bail, Cryptococcus Cerevisiae Kützing (s. Fig. 50) besteht nach vollendeter Gährung aus rundlichen, mit einzelnen länglich ovalen untermischten Zellen von durchschnittlich $^{1}/_{95}$ Mm. Durchmesser, dunkelm Contour, homogenem, einzelne kleine Körnchen enthaltendem und oft eine grössere oder zwei bis drei kleine Vacuolen umschliessendem Protoplasma. In gährungsfähiger Flüssigkeit beginnt an diesen Zellen die oben beschriebene »hefeartige Sprossung« und wiederholt sich eine Anzahl von Generationen hindurch. Die neu entstandenen Sprosszellen sind anfangs zärter contourirt, blässer und zu rosenkranzförmigen, ästigen Kettchen verbunden; sie nehmen allmählich das erwähnte Ansehen der älteren an und trennen sich mit dem Ende der Gährung von einander. Eine erhebliche Verschiedenheit zwischen Oberhefe und Unterhefe, und die Angabe Mitscherlichs (Poggend. Ann. Bd. 59), dass sich bei ersterer die Zellen durch Bildung endogener, zuletzt aus der aufreissenden Membran austretender Tochterzellen vermehren, hat sich in neuerer Zeit nicht bestätigt. — Die Hefe des gährenden Weinmostes (Crypt. vini Kg.) finde ich durch kleinere, zartere, ovale und an beiden Enden fast spitze Zellen von der Bierhefe verschieden. Aehnliche Bildungen wie die beiden genannten, durch Gestalt und Grösse der Zellen von einander verschieden, finden sich bekanntlich in organischen Flüssigkeiten sehr verbreitet und sind unter den Gattungsnamen Torula, Hormiscium, Cryptococcus (Kützing spec. algar.) u. s. w. beschrieben. Auch die Mycodermen Pasteur's schliessen sich hier an.



Fig. 50 (vgl. Seite 120).

Ueber die Natur und Entstehung dieser Organismen herrschen zweierlei Ansichten, welche vorzugsweise für die Bier- und die Mosthefe discutirt worden sind. Die Einen betrachten die Hefepilze als Organismen sui generis, welche in den gährungsfähigen Flüssigkeiten aus ihren eigenen, specifischen Keimen entstehen (Schwann, Pasteur). Die ältere, unter den Phytotomen noch von

Schleiden und v. Mohl vertretene Ansicht, nach welcher die Hefezellen durch freie Zellbildung elternlos in den gährungsfähigen Flüssigkeiten entstehen sollen, ist nach dem heutigen Stande der Kenntnisse so lange für widerlegt zu betrachten, bis jene freie Zellbildung unter dem Mikroskop direct verfolgt worden ist. Nach der anderen Ansicht, welche Bail, H. Hoffmann, Berkeley vertreten, sind die Hefepilze nur Zustände, besondere in den gährungsfähigen Flüssigkeiten entstehende Sporenformen oder Sprossungen von Pilzen, zumal Schimmelpilzen, welche an der Luft in anderer Gestalt fructificiren. Sie entstehen nach diesen Autoren gleichfalls aus Sporen oder Keimen, sei es aus Hefezellen selbst, sei es aus den anderen, an der Luft gebildeten Formen, wenn diese in die Flüssigkeit gelangen. Eine dritte von Karsten (Bot. Ztg. 1848, p. 457) vertretene Ansicht, nach welcher die Hefezellen aus Bläschen entstehen, welche als normale Bestandtheile in den Zellen des Fleisches saftiger Früchte gebildet werden, hat von keiner Seite Bestätigung gefunden.

Die Bail-Hoffmann'sche Ansicht wird von ihren Vertretern in verschiedener Weise ausgeführt. Nach Bail »keimt Mucor Mucedo in Bierwürze zu Bierhefe aus, die Weinhefe aber ist hauptsächlich das Keimungsproduct von Botrytis acinorum Pers.« (= B. cinerea P.). Berkeley erklärt »die Hefe für nichts weiter, als einen besonderen Zustand einer Penicillium-Species, welcher einer fast unendlichen Vermehrung fähig ist, ohne je vollkommene Frucht zu tragen.« H. Hoffmann nimmt an, dass sehr vielerlei Pilze in Flüssigkeiten Hefezellen bilden können, Penicillium glaucum aber und Mucor Mucedo sind ihm vorzugsweise Hefeerzeuger. Zweierlei Versuche wurden zum Beweise dieser Ansichten angestellt. Erstlich Aussaat der typischen Sporen genannter Pilze in gährungsfähige Flüssigkeit unter möglichstem Abschluss der Luft; nach Bail sprossen hierbei aus den Brutzellen von Mucor Mucedo, nach Hoffmann aus den Keimschläuchen von Penicillium gährungerregende Hefezellen hervor. Ich habe mir viele Mühe gegeben, diese Versuche zu wiederholen, konnte aber niemals eine Bestätigung der genannten Resultate erhalten; weder bei Culturen auf dem Objectträger, noch bei solchen, die in grösserem Maassstabe, in Reagenzröhrchen, mit möglichst reinem Material (künstlich dargestellten Lösungen und Weinmost, Sporen von Penicillium, Mucor Mucedo, Botrytis cinerea u. a.) angestellt wurden. In fast allen diesen Versuchen erfolgte normale Keimung, ohne Hefebildung und ohne Gährung, bei Luftabschluss auch ohne Fructification. In einigen Fällen wo Hefezellen auftraten war es nicht möglich, einen genetischen Zusammenhang derselben mit dem ausgesäeten Pilze nachzuweisen. Ich muss daher die Richtigkeit der in Rede stehenden Angaben bezweifeln, um so mehr, als bei solchen Untersuchungen zweierlei Fehlerquellen schwer zu beseitigen sind. Einmal ist es nämlich unbestritten, dass wirkliche gährungerzeugende Hefezellen überall verbreitet sind, daher leicht mit den gesäeten Sporen in die Versuchsflüssigkeit gelangen und Täuschungen veranlassen können. Zweitens gibt es, wie oben (Seite 119) theilweise erwähnt wurde, eine Anzahl von Pilzen, welche hefeähnliche, aber nicht Gährung erregende Sprossungen treiben, theils aus ihren Sporen, wie besonders Exoascus, theils aus dem Mycelium. Letzteres gilt besonders von einer ungemein häufigen, an die Dematieen respective Sphaeriaceen sich anschliessenden Pilzform, die ich, um einen Namen zu haben, Dematium pullulans nennen will (Fig. 73). In

Zuckerlösung, auch in Wasser, sprossen aus den farblosen, ästigen und septirten Myceliumfäden dieses Pilzes ovale Zellchen in Menge hervor, theils auf den Enden kurzer Zweige, theils an den Seiten. Sie schnüren sich ab und vermehren sich genau wie Hefezellen. Zuletzt, wohl nach Verbrauch des vorhandenen Nahrungsmaterials, theilen sich die Myceliumfäden durch Querwände in Glieder, welche so lang als breit sind, zu rundlicher Form anschwellen, eine dicke zweischichtige, braune Membran erhalten und im Innern Oeltröpfchen aussondern. Die frei liegenden Sprosszellen zeigen unter den gleichen Bedingungen die gleichen Veränderungen. Wiederum in geeignete Flüssigkeit gebracht, treibt jede einzelne braunhäutige Zelle, auch nach langem Ruhezustande, einen Keimschlauch, der sofort, oder nachdem er wiederum zu einem verzweigten Faden ausgewachsen ist, die Abschnürung von neuem beginnt. Die hefeartigen Zellen des Dematium erreichen bedeutende Grösse und nehmen dann cylindrisch-längliche Form an; oft wachsen sie selbst zu langen septirten Hyphen aus. Viele bleiben jedoch kleiner, und solche sammt ihren secundären Sprossen sehen ächter Hefe täuschend ähnlich. Alkoholgährung wird durch das Dematium nicht erregt. Die farblosen, abschnürenden Fäden des Dematium sehen Mycelfäden von Penicillium oder Botrytis cinerea so ähnlich, dass sie, zumal bei geselligem Vorkommen, leicht mit ihnen verwechselt werden können, und bei der grossen Häufigkeit des in Rede stehenden, bisher nicht klar unterschiedenen Pilzes dürfte eine solche Verwechselung den Angaben von Hefeabschnürung durch Penicillium u. s. f. zum Grunde liegen. Nach den hefeähnlichen Gebilden und Pilzsporen zu urtheilen, welche man auf der Oberfläche lebender Pflanzen, vielfach findet, ist es wahrscheinlich, dass die beschriebenen Erscheinungen nicht dem Dematium pullulans allein, sondern auch anderen, mit ihm verwandten Formen zukommen.

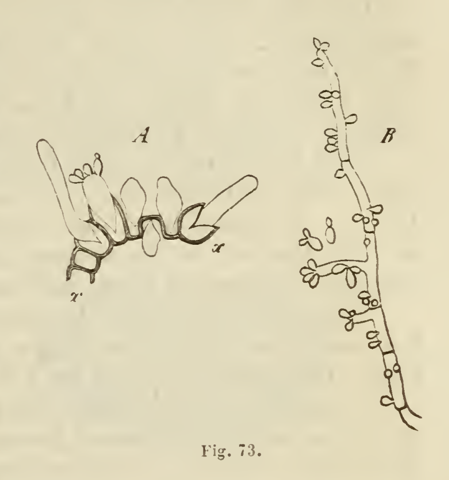


Fig. 73.

Die Sprossungen, welche Bail an den Mucor-Brutzellen entstehen und sich abgliedern sah, haben nach seinen eigenen naturgetreuen Darstellungen mit ächter Bierhefe nur geringe Aehnlichkeit und sprechen nicht für die Abkunft der letzteren von Mucor Mucedo.

Die zweite Reihe von Versuchen prüft, in umgekehrter Richtung wie die bisher erwähnten, die Frage, was aus den Hefezellen wird, wenn sie in anderen Medien als einer gährungsfähigen, von der Luft abgesperrten Flüssigkeit cultivirt werden. Sie haben zumeist kein sicheres positives Resultat ergeben, besonders wenn man bedenkt, dass die oft beobachtete anscheinende Streckung

Fig. 73. Dematium pullulans. *A x x* Stück einer Reihe braunhäutiger Zellen, in Zuckerlösung Schläuche und zum Theil hefeartige Sprossungen treibend. Vergr. 390.

B Stück eines mit hefeartigen Sprossen bedeckten in Zuckerlösung vegetirenden Fadens. Vergr. gegen 200.

der Hefezellen zu cylindrischen, den Anfängen von Myceliumfäden ähnlichen Schläuchen gar zu leicht auf einer Verwechselung ächter Hefe mit beigemengten hefeähnlichen Zellen beruhen kann. Berkeley gibt an, er habe Hefezellen an der Luft direct zu fructificirendem Penicillium glaucum auswachsen sehen; Anderen und mir selbst ist dies nicht gelungen, und bei der Allverbreitung des Penicillium glaucum einerseits und andererseits der Leichtigkeit, mit welcher seine keimenden Sporen mit Hefezellen verwechselt werden können, hat eine derartige vereinzelte Beobachtung wenig Beweiskraft.

Nach Bail würden sich die Hefezellen, wenn sie von Fliegen gefressen werden, weiter ausbilden, und zwar entweder zu Mucor oder Entomophthora oder Achlya. Die Beobachtung eines derartigen Entwickelungsganges begegnet aber zu vielen Quellen von Täuschungen und Irrthümern, als dass derselbe nach den dermalen vorliegenden Thatsachen für erwiesen betrachtet werden dürfte.

Nach allem dem bedarf die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Hefe und vieler hefeähnlicher Zellen zu ihrer klaren Lösung noch fernerer sorgfältiger Untersuchungen, und zur Zeit ist es geboten, diese Gebilde für Organismen sui generis zu betrachten. Ihr Zusammenhang mit typischen Pilzen bleibt allerdings nach den bekannten Thatsachen von hefeartiger Sprossung an solchen (Dematium, Exoascus) in hohem Grade wahrscheinlich.

Litteratur

über Entstehung und Morphologie der Hefe.

Die ältere Litteratur findet sich in den zu nennenden Arbeiten.

Bail, Ueber Hefe. Flora 1857, p. 417; und in den oben (pag. 180) citirten Arbeiten.

Berkeley, Introduction to crypt. Botany, p. 242 u. 299. Berkeley u. Hoffmann, in Morton's Cyclopaedia of Agriculture, Art. Yeast (nach Berkeley's Citat).

H. Hoffmann, Mycolog. Studien über die Gährung. Bot. Ztg. 1860, p. 41. Idem, in Comptes rendus, Tom. LX (1865).

L. Pasteur, Mémoire sur la fermentation alcoolique. Ann. Chim. et Phys. Tome LVIII (1860).

Vgl. auch Tulasne, Fungor. carpol. I, p. 154 und meine oben (S. 75) citirte Arbeit über Exoascus.

John Lowe, Development of the Yeast plant. Ann. Mag. Nat. hist. 2d Ser. Vol. XX, p. 304.

4. Uredineen.

Einen reichen und jedenfalls unter allen Pilzen den bestbekannten Pleomorphismus und Generationswechsel zeigen die Uredineengattungen Puccinia und Uromyces oder doch die Mehrzahl ihrer Arten, wie Puccinia graminis P., P. Tragopogonis Cd., Uromyces appendiculatus, U. Phaseolorum u. a. m. Die Entwickelung dieser pflanzenbewohnenden Parasiten schliesst im Spätjahr ab mit der Bildung derbwandiger Sporen, die ich Teleutosporen nenne, welche auf dem Ende fadenförmiger Sterigmen einzeln (Uromyces) oder paarweise übereinander (Puccinia) gebildet werden und sich von den Sterigmen nie spontan lostrennen. Nach Ueberwinterung keimen die Teleutosporen, indem jede ein Promycelium treibt, welches meist drei bis vier Sporidien bildet. (Vgl. S. 151,

Fig. 61). Die Sporidien treiben sofort kurze Keimschläuche, und diese dringen, auf eine geeignete Nährpflanze gelangt, die Wände der Epidermiszellen durchbohrend in das Parenchym ein, um hier sofort zu einem Mycelium heranzuwachsen. Nach durchschnittlich acht bis zehn Tagen beginnt an diesem die Bildung neuer, unter der Epidermis des Wirthes entstehender und durch diese zuletzt nach aussen hervorbrechender Fructificationsorgane: der Aecidien und ihrer constanten Begleiter, der Spermogonien. Die letzteren, von deren Bau oben (S. 168, Fig. 71) die Rede war, erscheinen zuerst. Rings um eine Gruppe von Spermogonien oder ordnungslos zwischen diesen zerstreut treten später die Aecidien auf. Als erste Anfänge dieser findet man in den Intercellularräumen des subepidermalen Parenchyms dichte, aus verfilzten Myceliumfäden gebildete Geflechte mit lufthaltigen Interstitien, anfangs kaum grösser als eine Parenchymzelle, allmählich an Umfang zunehmend und die umgebenden Elemente des Parenchyms verdrängend. Von dem Centrum gegen den Umfang hin fortschreitend nehmen die einzelnen Zellen der anfangs schmal cylindrischen Fäden, aus denen das Geflecht besteht, an Umfang derart zu, dass dieses allmählich das Ansehen eines Pseudoparenchyms oder Merenchyms erhält mit runden oder ovalen, zartwandigen wasserhellen Zellen und engen lufthaltigen Interstitien. Dieser Merenchymkörper (im Wesentlichen das von mir früher so genannte Perithecium darstellend) bleibt rings umgeben von einem Geflechte gewöhnlicher und in seine äusseren Elemente continuirlich übergehender Myceliumfäden. Es liegt mit seiner einen Seite (Scheitel) nahe unter der Epidermis des Wirthes, seine entgegengesetzte Seite (Grund) ragt tief in das Parenchym hinein (Fig. 74. A). Seine Gestalt ist kugelig oder von dem Scheitel nach dem Grunde hin abgeplattet. In dem Grunde des Merenchymkörpers, und zwar in der Fläche wo dieser an das umgebende Mycelium grenzt, tritt nun das Hymenium

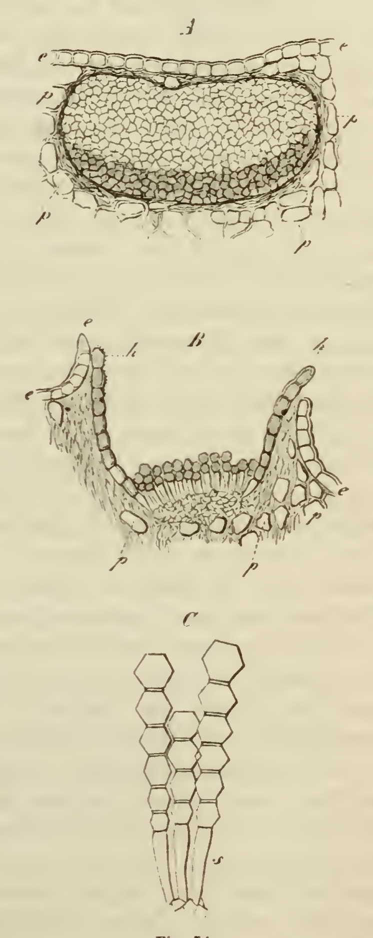


Fig. 74.

Fig. 74. Aecidium. *A* (Vergr. 100) Aecid. der Puccinia Tragopogonis Cord. Jugendlicher Entwickelungszustand: Merenchymkörper, der dunkle Streif in seinem Grunde bezeichnet die Region, in der später das Hymenium auftritt. *B* (Vergr. 90) Aecidium von Uromyces (appendiculatus?) auf Trifolium repens, dünner Längsschnitt durch einen reifen offenen Becher. *h* Hülle oder Pseudoperidie. In *A* u. *B* ist *e* Epidermis, *p* Parenchymzellen der Nährpflanze. *C* Von Puccinia graminis, 390fach vergr. Umrisse von 3 Basidien (*s*) aus dem Grunde eines Bechers, mit Sporenketten auf ihrem Scheitel.

auf: eine kreisförmige, seltner unregelmässig gestaltete, lückenlose Schichte kurz cylindrisch-keulenförmiger, senkrecht gegen den Scheitel gerichteter Basidien, deren jede eine einfache lange Reihe von Sporen in basipetaler Folge abschnürt (Fig. 74, *C*). Die Sporen sind rundlich-polyedrisch, seltner oval, und von dichtem, durch rothgelbes Oel gefärbtem, seltner farblosem Protoplasma erfüllt.

Das Hymenium und die von ihm ausgehenden Sporenreihen werden umgeben von einer häutigen, aus einer einfachen Zellschicht bestehenden Hülle (Peridie, Pseudoperidie, Paraphysenhülle), deren Zellen reihenweise geordnet sind, wie die Sporen, und welche gleich den Ketten der letzteren und mit denselben Schritt haltend dadurch wächst, dass ihr vom Grunde aus fortwährend neue Elemente hinzugefügt werden. Eine den Rand des Hymenium einnehmende ringförmige Reihe von Bildungszellen, gleichsam Basidien, vermittelt dieses Wachsthum. Die Zellen der Hülle stehen seitlich mit einander in lückenloser Verbindung, die obersten neigen und schliessen über dem Scheitel der Sporenketten zusammen. Alle haben polyedrische Form und sind von den Sporen unterschieden durch beträchtlichere Grösse, stärker verdickte, oft sehr zierliches Stäbchengefüge (vgl. Seite 127) zeigende Wand und spärlich körnigen oder ganz wasserhellen, zuletzt oft luftführenden Inhalt. Schon aus dem Mitgetheilten geht hervor, dass die Hülle ein Theil des Sporenlagers ist, gleichsam aus einer peripherischen Schichte steriler Sporen gebildet wird. Sie tritt gleichzeitig mit dem Hymenium oder vielleicht schon kurz vorher auf. Durch die stete Nachschiebung neuer Elemente vom Grunde aus und die Vergrösserung der angelegten nimmt das Sporenlager mit seiner Hülle an Umfang zu und drängt sich in den Merenchymkörper ein. Sein Wachsthum in die Dicke drückt die Zellen des letzteren oft bis zur Unkenntlichkeit zusammen. In Folge seiner Verlängerung wird erst der Scheitel des Merenchymkörpers durchbohrt, dann die Epidermis der Nährpflanze durchrissen, das Lager tritt über diese hervor und wächst, wenn es vor Verletzung geschützt ist, durch stete Neubildung vom Grunde aus, zu einer bis 1 Mm. langen, sporenerfüllten Röhre heran. Nach Durchbrechung der Epidermis trennen sich die Zellen der Hülle im Scheitel von einander, diese wird becherförmig geöffnet (Fig. 74, *B*), die obersten reifen Sporen fallen aus, und dieses Zerfallen der Hülle und der Sporenketten schreitet gegen den Grund des Lagers fort, rascher im Freien und bei wechselnder Feuchtigkeit der Umgebung als an sorgfältig geschützten Culturexemplaren.

Die Aecidiumsporen sind vom Augenblick der Abschnürung oder Reife an keimfähig und treiben bei der Keimung gekrümmte, einfache oder ästige Schläuche, welche in die Spaltöffnungen der Nährpflanze eintreten, um in deren Intercellularräumen rasch zu einem Mycelium heranzuwachsen. Nach wiederum sechs bis zehn Tagen bildet dieses von neuem Fruchtlager, welche als Uredo bezeichnet werden: flache, rundliche, aus verfilzten Hyphen bestehende Polster, dicht unter der Epidermis liegend, und auf ihrer ganzen dieser letzteren zugekehrten Oberfläche mit fadenförmigen Basidien bedeckt, welche je eine runde oder längliche Spore abschnüren (Fig. 53, *u*). Mit der Sporenbildung durchbrechen die Lager die Epidermis. Die Uredosporen (Stylosporen Tulasne) keimen wie die Aecidiumsporen, und ihre Keimschläuche treten gleichfalls durch die Spaltöffnungen in die Nährpflanze. Das aus ihnen entstandene Mycelium

bildet wiederum nach sechs bis zehn Tagen Fruchtlager und zwar immer nur wieder *Uredo*; sie reproduciren also immer wieder die gleiche Form der Species. Die Uredosporen nehmen daher in geometrischer Progression an Menge zu, und vermöge ihrer hierdurch bald ins Ungeheure wachsenden Anzahl sowie ihrer hohen Keimfähigkeit sind sie vorzugsweise die Organe, durch welche die massenhafte und schnelle Verbreitung der Uredineen erfolgt. Das nämliche Mycelium, welches die Uredo erzeugt, bildet zuletzt wiederum Teleutosporen, entweder in den Uredolagern selbst (Fig. 53), oder in besonderen Hymenien. Bei den beschriebenen Arten treten somit, abgesehen von den Spermogonien, viererlei Fortpflanzungsorgane und Sporenformen theils in regelmässiger Succession, theils in strengem Generationswechsel auf. Manchmal, aber keineswegs constant, kommt dabei noch der Fall vor, dass das aus den Sporidien entstandene Mycelium nach Reifung der Aecidien noch Uredo- und Teleutosporenlager erzeugt.

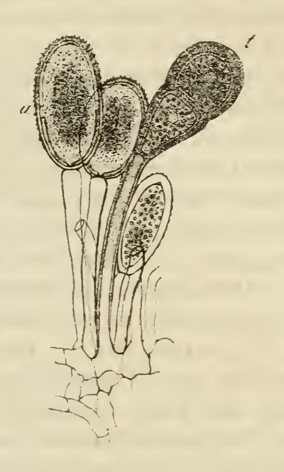


Fig. 53 (vgl. Seite 128).

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass die *Organe*, welche dermalen Uredo, Aecidium genannt werden, früherhin für Repräsentanten besonderer Arten, resp. Gattungen betrachtet wurden, und dass ihre Namen ursprünglich zur Bezeichnung dieser Formgenera dienten, während die Benennungen Puccinia, Uromyces für die Teleutosporen allein galten. Der Höhepunkt des beschriebenen Entwickelungsganges wird unstreitig durch das Aecidium bezeichnet, da dieses Organ, auch abgesehen von der steten Begleitung der Spermogonien, von allen anderen durch Complication des Baues und der Bildungsgeschichte ausgezeichnet ist.

Für die meisten Genera der Uredineen sind durch Tulasne's Untersuchungen Uredo, Teleutosporen und Sporidien nachgewiesen, welche, bei aller Mannigfaltigkeit der einzelnen morphologischen Verhältnisse, mit den oben beschriebenen in ihren wesentlichen Eigenschaften, besonders auch den Keimungserscheinungen, vollkommen übereinstimmen. Ferner ist eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Aecidien bekannt (den früheren Formgenera Aecidium, Roestelia, Peridermium angehörend), deren Entwickelungszusammenhang zwar noch nicht sicher ermittelt, aber, nach dem durchaus übereinstimmenden Bau und der gleichen Keimungsart zu urtheilen, gewiss ein ähnlicher ist, wie bei den beschriebenen Puccinien. Es ist daher kaum zu bezweifeln, dass den meisten Uredineengattungen der für die letztgenannten dargestellte Entwickelungsgang, welcher seinen Gipfelpunkt mit dem Aecidium erreicht, eigen ist. Bei der grossen Anzahl und Mannigfaltigkeit der einzelnen Arten ist allerdings schon von vornherein zu vermuthen, dass in dem Verlaufe dieses Entwickelungsganges mancherlei Modificationen und Variationen vorkommen werden, und eine Anzahl solcher kennt man bereits. So erstlich das Vorkommen von Spermogonien als Begleiter der Uredo- und Teleutosporenlager, z. B. bei Puccinia Compositarum (Uredo suaveolens), P. Anemones u. a. Das Vorkommen von Teleutosporen-

lagern ohne Uredo bei bestimmten Arten (z. B. Puccinia compacta, P. Dianthi u. s. f.). Ferner ist durch Tulasne bekannt, dass die Teleutosporen sowohl bestimmter Genera (Coleosporium, Podisoma, Cronartium), als auch einer Anzahl von Puccinia-Arten, unmittelbar nach der Reife und ohne zu überwintern ein sporidienbildendes Promycelium trieben. Bei einer dieser Arten, der Puccinia Dianthi DC., treten die Sporidienkeime durch die Spaltöffnungen in die Nährpflanze ein und wachsen sofort zu einem Mycelium heran, welches wiederum neue Teleutosporenlager erzeugt. Weder Uredo noch andere Entwickelungsglieder konnten bei dieser Art bis jetzt aufgefunden werden. Podisoma Juniperi Sabinae hat nach Oersteds Untersuchungen den oben beschriebenen Entwickelungsgang (sein Aecidium ist die Roestelia cancellata Rebent.), aber ohne Uredo.

Die bemerkenswertheste Ausnahme von dem oben beschriebenen Entwickelungsgange macht jedenfalls die Gattung Endophyllum (E. Sempervivi Lév. und E. Euphorbiae dBy.). Die Aecidien dieser Pilze, denen der übrigen Genera in Structur und Entwickelung völlig gleich, bilden Sporen, welche unmittelbar nach der Reife keimfähig, ein sporidientragendes Promycelium treiben. Aus den die Epidermiszellen der Nährpflanzen durchbohrenden Keimschläuchen der Sporidien entwickelt sich ein Mycelium, das nach Jahresfrist wiederum Spermogonien und Aecidien bildet. Die Entwickelung der Uredo- und Teleutosporen fehlt gänzlich, sie wird gleichsam übersprungen.

Litteratur.

Unger, Die Exantheme d. Pflanzen. Wien 1833.

Die übrigen älteren Arbeiten sind in den sogleich zu nennenden aufgezählt.

Léveillé, Sur la dispos. des Urédinées, Ann. sc. nat. 3e Sér. Tom. VIII. u. Artikel Urédinées in d'Orbigny, Dict. hist. nat.

Tulasne, Mém. sur les Ustilaginées et les Urédinées. Ann. sc. nat. 3e Sér. Tom. VII. u. besonders Second Mémoire s. l. Urédinées et les Ustilaginées. Ann. sc. nat. 4e Sér. Tom. II.

Kühn, Krankheiten d. Culturgewächse. Berlin 1859.

de Bary, Rech. sur les Champignons parasites. Ann. sc. nat. 4e Sér. Tom. XX. (pag. 64).

—— Unters. über d. Brandpilze. Berlin 1853.

—— Ueber Caeoma pinitorquum. Monatsber. d. Berl. Acad. Decbr. 1863.

—— Neue Unters. über Uredineen. Ibid. 1865.

5. Ustilagineen.

Tilletia Caries Tul., Ustil. destruens, U. Carbo sind die einzigen Arten dieser Endophyten, bei welchen der Entwickelungsverlauf einigermassen bekannt ist. Die derbwandige Spore treibt beim Keimen ein Promycelium, welches, wie auf Seite 151 (Fig. 62, 63) beschrieben wurde, Sporidien bildet. Die feinen Keimschläuche, welche von diesen oder den durch sie abgeschnürten secundären Sporidien getrieben werden, dringen nach Kühn's und Hoffmann's Untersuchungen in die Axen der keimenden Getreidepflänzchen ein, entwickeln sich im Innern derselben zu einem Mycelium und dieses wächst mit der Getreidepflanze empor, um zuletzt in die Fruchtknoten einzutreten und hier von neuem Sporen zu bilden.

Bei anderen Ustilagineen — übrigens nicht allen Genera — kennt man Sporen, Promycelium und Sporidien, aber nichts von der Weiterentwickelung der letzteren. Untersuchungen über diese dürften interessante Resultate versprechen.

Zweierlei derbwandige Sporen fand ich bei Sorisporium Saponariae. Die weitaus grössere Mehrzahl bilden die oben (Seite 125) beschriebenen massenhaft angehäuften Knäuel oder Glomeruli. Auf der Aussenseite der ersten Glomeruli, welche von einem Lager erzeugt werden, entstehen ausserdem solitäre Sporen von rundlicher Gestalt und mit gelbbrauner Membran in den anschwellenden Enden vereinzelter Myceliumzweige. Die Zahl dieser Solitärsporen ist stets eine relativ sehr geringe.

Die Litteratur der Ustilagineen findet sich an den bei den Uredineen angeführten Orten.

6. Hymenomyceten. Gastromyceten.

Der Entwickelungsverlauf dieser »höheren« Schwämme ist lückenhaft bekannt. Von den typischen, basidiogenen Sporen vieler Hymenomyceten sind die ersten Keimungsstadien, kurze, einfache oder ästige Keimschläuche, in neuerer Zeit mehrfach beobachtet worden, andererseits kennt man die Bildung der typischen Fruchtträger auf dem Mycelium. Wie aber letzteres aus den Keimschläuchen entsteht und welche Entwickelung es durchmacht bis zum Auftreten neuer Fruchtträger, darüber ist, einzelne unten zu erwähnende Notizen abgerechnet, so gut wie nichts bekannt. Zwar liegen seit Micheli (N. plant. gen. p. 136) mehrfache Angaben vor über das Entstehen des Myceliums von Hymenomyceten und einzelnen Gastromyceten aus Sporen. Weinmann bekam nach Aussaat der Sporen von Agaricus lepideus Fr. im ersten Jahre Mycelium, in den beiden folgenden auf diesem Fruchtträger (Fries in Linnaea V, p. 503). Ein Freund Willdenow's erzog sich aus den Sporen von Phallus impudicus eine Plage für seinen Garten (Usteri, Annalen, Heft III [1792], p. 59, nach Tulasne). Und der Pariser Akademie wurden neuerdings colossale Exemplare von Agaricus campestris vorgelegt, welche angeblich aus Sporen erzogen waren (Cpt. rend. 1861, Tom. 53, p. 235, 671, vgl. Nylander, Flora 1863, p. 307). Allein alle diese Versuche zeigen im besten Falle nur das Eine, dass da, wo die Sporen hingesäet waren, nach kürzerer oder längerer Zeit fruchttragendes Mycelium erscheint. Ueber die Entwickelungsgeschichte geben sie nicht den geringsten Aufschluss, zumal da nirgends auch nur die erste Keimung der Sporen durch directe Beobachtungen controlirt ist. Mir ist unter den hierher gehörenden, bis jetzt beschriebenen Culturversuchen nur einer bekannt, welcher den heutigen Anforderungen einigermassen, wenn auch wegen mangelhafter Beobachtung des Keimungsanfanges nicht vollkommen genügt. Krombholz (Essb. Schwämme, Heft I, p. 5) säete die Chlamydosporen (s. unten) von Nyctalis asterophora mit der nöthigen Vorsicht auf eine junge Russula adusta und sah in den nächsten Tagen genau auf den besäeten Punkten die ersten Anfänge des Mycelium, am 9ten Tage nach der Aussaat die ersten Anlagen der Fruchtträger auftreten und diese bis zum 20ten Tage eine normale Ausbildung und Reife erreichen.

Positive Resultate, die jedenfalls für fortgesetzte ausgedehntere Unter-

suchungen Erfolge erwarten lassen, habe ich bei Aussaatversuchen von Coprinus erhalten. In eine kleine, in ein Uhrschälchen gebrachte, vorher längere Zeit gekochte Portion Kaninchenmist, der auch sich selbst überlassen nur einzelne Exemplare von Coprinus stercorarius Fr. trug, wurden Sporen des leicht erkennbaren Copr. fimetarius Fr. gesät. Schon zehn Stunden nach der Aussaat keimten sie, nach vierundzwanzig Stunden waren die Keimschläuche mit sehr zahlreichen feinen Aesten versehen, und diese durchwucherten nun reichlich den Mist, ein sehr zartes, nur mit dem Mikroskop nachweisbares Mycelium bildend. Vom 19ten Tage nach der Aussaat an traten die ersten Anfänge neuer Fruchtträger auf, und allmählich wurden diese sehr zahlreich und erreichten eine sehr bedeutende Grösse. Mucor Mucedo und Pilobolus, deren Sporen nachweislich mit denen des Coprinus in die Aussaat gelangten, waren die einzigen Pilzformen, die ausser der genannten Species in geringer Entwickelung in der Cultur auftraten. Von anderen Fortpflanzungsorganen als den typischen gestielten Hüten trat an dem Coprinus-Mycelium keine Spur auf. Die Versuche wurden im December und Januar im Zimmer angestellt. Spätere, zu verschiedenen Zeiten selbst auf dem Objectträger gemachte ähnliche Culturen von Copr. fimetarius und stercorarius ergaben immer die gleichen Resultate.

Ueber das Vorkommen von anderen Reproductionsorganen als den typischen Basidien (S. 111 ff.) an den ausgebildeten Fruchtträgern sowohl als dem Mycelium liegt für die Hymenomyceten eine Anzahl von Angaben vor. In erster Linie sind hier zu nennen die Tremellinen mit den schon oben beschriebenen Spermatien in dem Hymenium und der Promycelium- und Sporidienbildung an den keimenden Sporen, deren Entdeckung wir Tulasne verdanken (vergl. oben S. 154, 165). Oersted hat kürzlich (»Oversigten« d. Verhandl. d. K. D. Ges. d. Wissensch. Jan. 1865) eine schöne Darstellung von Conidien gegeben, die — seiner Ansicht nach unzweifelhaft — dem Agaricus variabilis P. zukommen. Kurze, unseptirte, aufrechte Fruchthyphen erheben sich von den Myceliumfäden dieses Pilzes und schnüren auf ihrer Spitze simultan ein Köpfchen ovaler Sporen ab, nach Art von Corda's Formgenus Cephalosporium.

Ferner ist hier zu nennen Agaricus racemosus Pers. Der aus einem Sclerotium entspringende schlanke Stiel dieses Pilzes endigt an völlig entwickelten Exemplaren in einen schirmförmigen Hut, der, den vorhandenen älteren Beschreibungen und Abbildungen zufolge, die typische Agaricinenstructur besitzt. Der Stiel ist seiner ganzen Länge nach mit kurzen haardünnen, abstehenden Aestchen besetzt, welche von Fries (Epicris. p. 90) und Berkeley (Crypt. Bot. p. 365) mit den Fruchtträgern der Formgattung Stilbum verglichen werden, d. h. gleich diesen an ihren Enden zahlreiche, reihenweise geordnete Sporen (Conidien) abschnüren, die miteinander ein weich gallertiges Köpfchen bilden. An anderen Exemplaren ist die Verzweigung unregelmässiger und auch der Hauptstiel mit einem Conidienköpfchen geendigt. Die Conidien haben nach Tulasne's Untersuchung (Fung. Carpol. I, p. 110) ovale oder längliche Form und treiben nach Aussaat in Wasser lange Keimschläuche.

Auf den Enden kurzer Myceliumstränge von Agaricus vulgaris Fr. sah Hoffmann (Bot. Ztg. 1856, p. 158) hier und da kleine cylindrische Zellchen reihenweise abgeschnürt werden, die er Spermatien nennt. Aehnliches gibt Coemans für das Mycelium von Coprinus ephemerus an (Spicilège mycol. Nr. 5. Bull.

Acad. Belg. 2e Sér., T. XV, Nr. 5), während er gleichzeitig die Glieder der rosenkranzförmigen Haare anderer Coprini ohne irgend zureichenden Grund als »Conidien« beschreibt.

Ich habe (Botan. Zeitg. 1859, p. 385) das Vorkommen von zweierlei Sporen in den Fruchtträgern der Fries'schen Agaricinenspecies Nyctalis asterophora angegeben. Die Fruchtträger dieses Pilzes entwickeln sich nach Art der typischen gymnocarpen Agaricinen. Das lockere lufthaltige Geflecht radial divergirender zarter Fäden, welches die ganze obere Seite des Hutes bildet, entwickelt schon früh allenthalben zahlreiche sternförmige Chlamydosporen (vgl. S. 129 u. Fig. 75) oder Macroconidien von gelbbrauner Farbe, es stellt bei völliger Ausbildung eine bis 1 Mm. dicke, gelbbraune, endlich zerfallende Schicht dar. Auf der Unterfläche kräftiger Hüte entwickeln sich Lamellen und in diesen meist spärliche viersporige Basidien. Das Gewebe der unteren Hutseite, welches die Lamellen trägt, ist im ausgebildeten Zustande von dem des Chlamydosporenlagers durch Gestalt und Grösse seiner Zellen wesentlich verschieden. An jungen Exemplaren dagegen besteht der Pilz aus lauter gleichartigen Hyphen, und zwischen denen der Hutunterseite und des Chlamydosporenlagers ein continuirlicher Zusammenhang, die letzteren sind Zweige der ersteren. An anderen Exemplaren kommt die Entwickelung der Lamellen und Basidien gar nicht zu Stande. Tulasne gibt in den Chlamydosporenlagern noch eine dritte Form von Sporen, Microconidien, an, kleine farblose, cylindrische Zellen, welche in langen Reihen abgeschnürt werden. Eine zweite, gleich der N. asterophora auf grösseren Agaricis, zumal Russula adusta Fr. wachsende Art, N. parasitica Fr. bildet elliptische, glatte Chlamydosporen in dem ganzen Gewebe der dickangeschwollenen Lamellen, die übrigen Theile des Huts sind frei davon. Typische viersporige Basidien fand Tulasne öfters vereinzelt in denselben Lamellen mit den Chlamydosporen, in meinen Exemplaren waren sie nie vorhanden. Die Ansicht, nach welcher die Chlamydosporen Organe der Nyctalis sind, gründet sich bei beiden Arten darauf, dass die Fäden, von welchen sie erzeugt werden, von denen des übrigen Gewebes deutlich als Zweige entspringen, was zumal an jüngeren Exemplaren unzweifelhaft zu sein scheint.



Fig. 75.

Tulasne ist (Ann. sc. nat. 4e Sér., Tom. XIII, p. 5) dieser Ansicht ent-

Fig. 75. Nyctalis asterophora Fr. *A* junges Exemplar, senkrechter Durchschnitt, in durchfallendem Licht, schwach vergr. *m* Hymenophorum. *s* Chlamydosporenlager, *h* Hymeniumanlage. *b* Hyphe mit 2 halbreifen, *c* reife Chlamydospore (s. oben S. 129), beide 390mal vergr.

gegengetreten. Er hält, wie schon vor ihm Corda, Bonorden und Andere (vgl. Bot. Ztg. l. c.) gethan hatten, die Chlamydosporen (nebst den Microconidien von N. asterophora) für Organe zweier Schmarotzerpilze, welche eine besondere auf Russula u. s. f. wachsende Agaricus-Species, Ag. parasiticus, bewohnen und mehr oder minder entarten machen, und stellt diese Schmarotzer in die pilzbewohnende Sphaeriaceengattung Hypomyces, als H. asterophorus und H. Baryanus. Die Gründe für seine Meinung nimmt Tulasne von der Aehnlichkeit der beschriebenen Organe mit den gleichnamigen anderer Hypomyces-Arten her, deren Parasitismus auf Agaricinen unzweifelhaft ist; ferner von der Thatsache, welche ich bestätigen kann, dass die Chlamydosporen zuweilen auch vereinzelt auf dem Mycelium der Nyctalis entstehen, welches in oder auf der Russula wächst; und endlich von dem Vorkommen unzweifelhafter Perithecien in Gemeinschaft mit den Chlamydosporen auf Nyctalis asterophora. Einen Fehler in der anatomisch-entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung, auf welche ich meine Ansicht gründete, hat er nicht nachgewiesen.

Tulasne's Ansicht hat so grosse Wahrscheinlichkeit, dass ich mir selbst viele Mühe gegeben habe, meinen Fehler zu finden, allein neuere Untersuchungen haben mir ganz dasselbe Resultat ergeben, wie die früheren. Ich ziehe daher vor, mich einfach an die Thatsachen zu halten und bei meiner früheren Ansicht zu bleiben, um so mehr, als ein Agaricus parasiticus, welcher nicht den einen oder den anderen Chlamydosporenapparat besässe, meines Wissens Niemandem bekannt ist; als ferner der Bau des Fruchtträgers von N. parasitica von dem der N. asterophora so sehr verschieden ist, dass mir die Hypothese, beide Nyctalisformen seien derselbe Ag. parasiticus, welcher durch verschiedene Parasiten verschiedene Degenerationen erlitten hat, weit gewagter vorkommt, als meine oben ausgesprochene Meinung; und als endlich diese letztere in dem oben beschriebenen Krombholz'schen Culturversuch eine entschiedene Bestätigung zu finden scheint. Wer hier Recht hat, müssen fernere Untersuchungen, zumal Culturversuche, lehren. Möglich, dass beide Ansichten richtig sind, und die Entwickelung von Nyctalis mit der Bildung von Perithecien und Ascis ihren Gipfelpunkt erreicht.

Einen weiteren hier zu erwähnenden Fall habe ich (Bot. Ztg. 1859, p. 401) für Agaricus melleus Fl. dan. beschrieben. An alten Exemplaren dieses Pilzes, deren Sporen grösstentheils abgefallen sind, treten auf den Lamellen sehr häufig zahlreiche, oft unregelmässig gefurchte, fein flaumige Pusteln auf, die zuletzt die ganze Lamelle bedecken und den ganzen Hut verunstalten können. In den Pusteln findet man zwischen den ursprünglichen Gewebselementen der Lamelle zahlreiche, reich verästelte, protoplasmareiche dünne Hyphen, an denen allenthalben kleine, verkehrt eiförmige, ungestielte Asci einzeln oder gruppenweise beisammenstehend hervorsprossen. In jedem Ascus entstehen durch freie Zellenbildung vier halbkugelige Sporen mit dünner farbloser Wand, die rings um die ebene Grundfläche der Spore leistenförmig vorspringt. In Wasser gesäet treiben die Sporen zwei bis vier radial divergirende kurze Keimschläuche. Die anatomische Untersuchung junger Pusteln macht es wahrscheinlich, dass die ascustragenden Hyphen als Zweige von den primären Elementen der Lamelle entspringen. Würde sich dies bestätigen, so wären die Asci unzweifelhaft eine zweite Fruchtform von A. melleus. Nach den vorliegenden Thatsachen ist die

Möglichkeit, dass sie einem Parasiten angehören, allerdings nicht ganz ausgeschlossen.

Kaum bezweifeln möchte ich endlich, dass die Organe, welche J. de Seynes (Ann. sc. nat. 5e Sér., Tom. I, p. 269) auf Fistulina hepatica fand und die Conidien dieses Pilzes nennt, die Sporen eines Parasiten darstellen. Dieselben werden einzeln oder in Köpfchen nebeneinander gestellt auf den Zweigenden dünner, septirter, überaus reich verästelter Hyphen abgeschnürt, welche nicht nur auf der oberen, wie de Seynes angibt, sondern auch auf der unteren, hymeniumtragenden Seite des Fistulina-Hutes theils oberflächlich verbreitet sind, auf und zwischen den Tubuli, theils das grosszellige Gewebe der Fistulina mehrere Millimeter tief durchwuchern. Diese Bildungen finden sich keineswegs an allen Exemplaren. Die Hyphen sind von den grossen Zellen des Fistulina-Gewebes stets durch ihre Feinheit und Verzweigungsweise ausgezeichnet, ein genetischer Zusammenhang derselben mit den letzteren liess sich an meinen Exemplaren nicht nachweisen, sie nehmen in Weingeist nicht die Missfarbe an, welche an den Elementen der Fistulina alsbald eintritt, es scheint mir somit vorläufig kein zureichender Grund vorzuliegen, sie für Organe der Fistulina zu halten.

Bei den Gastromyceten ist der Anfang der Keimung höchstens für einzelne Fälle beobachtet (Hoffmann, Bot. Ztg. 1859, p. 217) und von dem Entwickelungsgange nur die Bildungsgeschichte des Peridiums einigermassen bekannt. Eine Duplicität der Fructificationsorgane nimmt Hoffmann für eine hierher gehörige Species an, insofern er die Endogone macrocarpa Tul. in den Formenkreis des Hymenogaster Klotzschii Tul. zieht (Ic. anal. fung. II, p. 35). Von den Gründen, welche er für die Zusammengehörigkeit beider Formen anführt, sind ihr — jedoch nur zuweilen — geselliges Vorkommen und die Aehnlichkeit des beiderseitigen Myceliums vorzugsweise zu erwähnen, jedoch noch sehr einer sorgfältigeren Prüfung bedürftig.

Von den

7. Tuberaceen, Onygena

sind nur die in früheren Capiteln beschriebenen einzelnen Entwickelungsstadien bekannt. Von dem eigenthümlichen, einfachsten Ascomyceten, dem

8. Protomyces macrosporus

habe ich (Beitr. z. Morph. d. P. I) die Entwickelung ziemlich vollständig verfolgen können: Die in den überwinterten Ascis gebildeten ejaculirten Sporen verbinden sich paarweise (vgl. oben S. 110 u. 161, Fig. 41); an den Puncten der Nährpflanze (Umbelliferen), auf welche sie gesäet werden, findet man in die Epidermis eingedrungene Myceliumfäden, und diese bilden von neuem Asci. Eine weitere Fruchtform ist nicht bekannt.

9. Pyrenomyceten.

Die mannigfaltigste Reihe von Beispielen der Mehrfältigkeit der Fortpflanzungsorgane bietet, Dank den Arbeiten Tulasne's, die in der Ueberschrift genannte Gruppe dar. Erstlich findet man nicht selten, z. B. bei Cucurbitaria, Cryptospora Betulae, Pleospora, an derselben Species in verschiedenen Ascis desselben Peritheciums reife Sporen, welche bei gleicher Zahl auffallende

Grössenverschiedenheit zeigen. Ferner wie schon oben erwähnt wurde (S. 106) in verschiedenen Ascis derselben Species eine verschiedene Zahl von Sporen, wobei gleichfalls Unterschiede in der Grösse auftreten (Valsa salicina, nivea u. a. 4, 6, selten 8 Sporen u. s. f.). Calosphaeria biformis Tul. und Cryptospora suffusa Tul. haben zweierlei Perithecien, von denen die einen Asci mit sehr zahlreichen kleinen Sporen enthalten, die anderen Asci mit vier bis sechs und acht weit stattlicheren Sporen.

Nach Berkeley (Ann. mag. nat. hist. Ser. III, Vol. 3, p. 373, pl. XI, fig. 32) finden sich bei Sphaeria oblitescens B. et Br. zwischen den Ascis einzelne Paraphysen, von denen 1 bis 2 Glieder zu länglichen septirten Sporen (Stylosporen im Sinne Tulasne's) angeschwollen sind, und bei Dothidea Zollingeri Berk. (Hooker's Journ. Vol. III, 1844, p. 336) solche, deren Endzellen ovalen einfachen Sporen gleichen. Aehnliches gibt Berkeley (Introd. Crypt. Bot. p. 244) für eine Species von Tympanis an.

Ausser diesen hier und da vorkommenden Variationen in dem Inhalte der Perithecien und Hymenien sind aber, nach Tulasne's Entdeckungen, vier Arten von Reproductionsorganen zu unterscheiden, welche der Regel nach in verschiedene Behälter, Träger oder Lager vertheilt vorkommen; nämlich:

1) Conidien, acrogene, auf fadenförmigen Trägern entweder abgeschnürte oder durch Theilung ohne Abschnürung entstehende Sporen (auch zusammengesetzte Sporen), deren Träger entweder direct von dem Mycelium oder von der Oberfläche eines Fruchtkörpers (Stroma) entspringen, sei es als freie Fruchthyphen, sei es dass sie zu einem oberflächlichen dichten Hymenium zusammengestellt sind.

2) Stylosporen, ebenfalls acrogene, den Conidien im Wesentlichen gleiche Sporen oder Sporenkörper, gebildet im Inneren von besonderen Conceptakeln, die als Pycniden unterschieden werden. Die acrogene Bildung der Stylosporen ist meistens unzweifelhaft, für einzelne Fälle jedoch, z. B. Erysiphe, noch nicht bestimmt nachgewiesen.

3) Spermatien, in Spermogonien gebildet, von den Stylosporen und Conidien durch die anscheinende Unfähigkeit zu keimen ausgezeichnet. Sie sind im 5ten Capitel genauer besprochen worden.

4) Sporen, welche in Ascis erzeugt werden, im Innern von Perithecien (vgl. S. 95, 101), als Ascosporen, Thecasporen, Endosporen von den übrigen zu unterscheiden.

Die Perithecien bezeichnen den Höhepunkt der Entwickelung, sie fehlen keiner Species, die Beobachtungen an Erysiphe (Seite 162) machen es wahrschein- dass sie direct oder mittelbar aus geschlechtlicher Zeugung hervorgehen.

Von den übrigen drei Arten der Fortpflanzungsorgane ist bei manchen Species und Gattungen nur eine oder die andere beobachtet, bei anderen alle. Nicht selten kommen sogar Conidien und Stylosporen bei derselben Species in zweierlei Formen vor, die nach der Grösse als Micro- und Macroconidia etc. unterschieden werden.

Ein scharfe Sonderung von Spermatien, Stylosporen und Conidien ist, wie zum Theil schon oben angedeutet wurde, oft schwer durchführbar und zur Zeit nur auf Grund der angegebenen oberflächlichen Merkmale möglich.

Ob es Pyrenomycetenspecies gibt, bei denen immer oder in der Regel nur

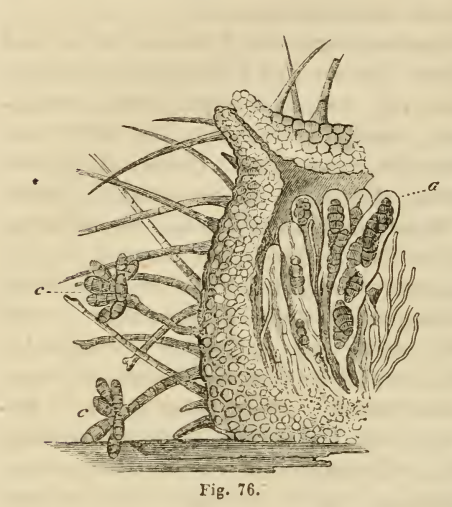
Perithecien vorkommen, bedarf noch fernerer Untersuchung; einige unten zu erwähnende Thatsachen sprechen dafür. Sicher ist es, dass auf der anderen Seite bei manchen Arten und Genera (z. B. Hypomyces) die Perithecien im Vergleich zu den anderen Reproductionsorganen höchst selten sind.

Die Pycniden, Spermogonien und Conidienträger der Pyrenomyceten sind vielfach seit lange bekannt und als besondere Species und Formgenera beschrieben. Die Formen, welche Fries' (Summa Veg. Scand.) Gruppen der Cytisporacei, Sphaeropsidei, Phyllostictei bilden, sind, wenn nicht alle, doch zum grössten Theile Pycniden und Spermogonien (so Naemaspora, Cytispora, Libertella, Septoria, Leptothyrium, Phyllosticta, Cheilaria, Gloeosporium, Spilosphaeria, Ascochyta; Phoma, Diplodia, Myxocyclus, Hendersonia, Sporocadus, Spaeropsis, Cicinobolus Ehr., Ampelomyces Ces., Byssocystis Riess u. s. f.); und was nach Abzug der Mucorini, Peronosporei und vielleicht weniger anderer Formen von den Hyphomyceten der seitherigen Systeme übrig bleibt, nebst einer grossen Zahl Gymnomyceten Fries' stellt, wie nach den vorliegenden Thatsachen mit Bestimmtheit behauptet werden kann, die conidientragen Apparate von Pyrenomyceten (und den nächstverwandten Discomyceten) vor. Bestimmt nachgewiesen ist dieses für Arten der Formgenera Cylindrosporium, Oidium, Dematium, Conoplea, Periconia, Cladosporium, Helminthosporium, Macrosporium, Dendryphium, Mystrosporium, Brachycladium, Sepedonium, Mycogone, Aspergillus, Verticillium, Botrytis, Antennaria, Torula, Isaria, Stilbum, Atractium, Graphium, Melanconium, Stilbospora, Steganosporium, Coryneum, Exosporium, Vermicularia, Tubercularia, Sphacelia.

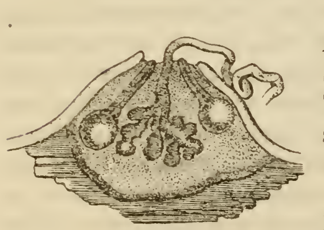
Was den Entwickelungsgang betrifft, so steht zunächst fest, dass die verschiedenen Fruchtformen auf demselben Mycelium oder sogar demselben Fruchtträger auftreten, der Regel nach in der Reihenfolge: Conidien, Spermogonien oder Microstylosporen, Pycniden und Macrostylosporen, endlich Perithecien; sei es dass alle Glieder dieser Reihe zur Entwickelung kommen (z. B. Stigmatea Tul., Fumago Tul.) oder dass eines oder mehrere fehlen (so z. B. Conidien und Perithecien einander folgen bei Nectria, Xylaria, Ustulina, Poronia, Torrubia, Claviceps Tulasne, Spermogonien oder Microstylosporen und Perithecien bei Stictosphaeria Tul., Diatrype Tul., Calosphaeria Tul. u. s. w.).

Die Bildung der relativen Vorformen, mit welcher die Fruchtentwickelung auf dem Mycelium beginnt, dauert in einer Anzahl von Fällen auch während der Entwickelung der später auftretenden Organe ungeschwächt oder nur allmählich nachlassend fort. So findet man z. B. auf dem Mycelium von Erysiphe anfänglich nur die reihenweise (selten einzeln) auf kurzen aufrechten Fruchthyphen stehenden ovalen Conidien, und während die Bildung solcher fortwährt, treten allmählich Pycniden (Organe, deren Entwickelung hier noch unklar ist und welche sich theilweise wenigstens aus einer den Conidien gleichwerthigen Mutterzelle zu bilden scheinen) und meist fast gleichzeitig Perithecien (vergl. Seite 162) auf. Mit der Vermehrung der letzteren nimmt die Conidienbildung ab. So stehen bei Pleospora herbarum, pellita, Fumago salicina reifende Conidien, Spermogonien, Pycniden und Perithecien auf demselben Mycelium, bei Valsa-Arten und Anderen Spermogonien und Perithecien (Fig. 78), bei Cucurbitaria macrospora (Fig. 77), Conidien und reifende Perithecien auf demselben Stroma dicht nebeneinander, bei Pleospora polytricha (Fig. 76), Clavariarum,

pellita wachsen selbst die oberflächlichen Zellen der reifenden Perithecienwand zu conidientragenden Fäden aus. (Tulasne, Fung. Carpol. I, II., Tab. 26, 29, 30, 31, 34 u. a.)







Bei einer zweiten Reihe von Arten ist es Regel, dass die Entwickelung der früheren Fruchtform aufhört, sobald die der späteren beginnt, und dass die Reste jener von der letzteren verdrängt oder abgeworfen werden. Bei den typischen Xylarieen Tulasne's (Xylaria, Poronia, Hypoxylon, Ustulina), der Sphaeria typhina, Nectria cinnabarina ist der jugendliche Fruchtträger von einem freien Conidien abschnürenden Hymenium dicht bedeckt, durch die fertigen Conidien bestäubt (für Nectria cinnabarina stellt dieser conidientragende Zustand die allbekannte Tubercularia vulgaris dar). Die Anlagen der Perithecien entstehen unter der Oberfläche des Fruchtträgers und zum Theil unterhalb des Conidienlagers (vgl. Fig. 37, *k*) erst wenn dieses seine Entwickelungshöhe erreicht hat. Mit der Ausbildung und Vergrösserung der Perithecien verschwindet dieses Lager allmählich, seine Elemente werden verdrängt und desquamirt, und auf dem reifen perithecientragenden Stroma sind ihre Reste und der Conidienstaub kaum mehr mit dem Mikroskop nachzuweisen. In ähnlicher Weise treten als Vorläufer der Perithecien und um von diesen später verdrängt zu werden oder mit der Ausbildung derselben zu vertrocknen, circumscripte Spermogonien von verschiedener Gestalt auf bei Tulasne's Genera Diatrype, Stictosphaeria, Calosphaeria und anderen.

Fig. 76. Pleospora polytricha (Wallr.) Tul. Dünner Durchschnitt durch ein Perithecium. *a* Asci. Auf der Aussenwand septirte haarähnliche Fäden, bei *c* Conidien tragend. Vergr. etwa 125. Verkleinerte Copie nach Tulasne.

Fig. 77. Cucurbitaria macrospora Ces. u. de Not. *a* Stroma im Längsschnitt, schwach vergr. *p* entwickeltes Perithecium, *c* Conidienlager. *b* Conidien auf ihrem Träger. Vergr. etwa 200. Copie nach Tulasne.

Fig. 78. Valsa nivea Tul. Senkrechter Durchschnitt durch ein Stroma, mitten ein Spermogonium, Spermatien entleerend, beiderseits ein Perithecium. Schwach vergr., nach Tulasne copirt.

Auch Torrubia militaris ist hier zu erwähnen, bei welcher die Entwickelung der keulenförmigen Conidienträger (Isaria farinosa) auf dem Mycelium aufhört, sobald die der anderen, perithecientragenden beginnt. Und von den einfachsten Pyrenomycetenformen möge Eurotium herbariorum mit seinen unter dem Namen Aspergillus glaucus bekannten conidientragenden Hyphen genannt werden.

In einer dritten Reihe von Fällen endlich fällt die Entwickelung der Perithecien typisch erst in die nächste Vegetationsperiode, welche auf die in welcher die Vorformen erzeugt wurden folgt. Nachdem diese letzteren in der ersten Periode ausgebildet worden und abgestorben sind, entwickelt sich das Mycelium weiter, bildet in der Regel Sclerotien oder ein massiges Stroma, um in der folgenden Periode Perithecien zu bilden. Dieses Verhalten findet bei solchen Arten statt, die in der ersten Zeit ihres Lebens als ächte Parasiten in oder auf einjährigen Pflanzentheilen leben. Polystigma rubrum bildet im Spätsommer runde rothe Flecke auf den Laubblättern von Prunus spinosa, Pr. domestica; sein Mycelium wuchert innerhalb des Blattparenchyms und erzeugt zahlreiche diesem eingesenkte, kugelig-flaschenförmige Spermogonien mit gekrümmt fadenförmigen Spermatien. An den im Herbste abgefallenen Blättern hat die Entwickelung letzterer Organe aufgehört, die rothen Flecke sind etwas angeschwollen und haben mit dem abgestorbenen Blatt braune Farbe angenommen. Vom Ende des Winters an beginnt dann in den Flecken der auf feuchtem Boden liegenden Blätter die Perithecienbildung. Einen ähnlichen Gang befolgt, nach Tulasne, die Entwickelung von Arten der Gattung Stigmatea Tul. Und unter den bekannten Fällen der exquisiteste wird von der unten zu besprechenden Gattung Claviceps geliefert.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass das Verhalten vieler Arten sich nicht mit aller Strenge an eines von den drei hier aufgestellten Schemata, sondern öfters zwischen ihnen die Mitte hält. Auf weitere Einzelnheiten einzugehen würde aber zur Ueberschreitung der hier schicklichen Grenzen führen, es muss daher auf die anzuführende Litteratur, in erster Linie auf Tulasne's Carpologie verwiesen werden.

Der vollständige Kreislauf der Entwickelung und die Bedeutung, welche die verschiedenen Sporenarten in demselben haben, ist erst für äusserst wenige Pyrenomyceten bekannt. Von etwa fünfunddreissig Gattungen (die neuen Tulasne'schen mitgerechnet), welche bis jetzt genauer untersucht sind, kennt man, zumal durch Tulasne's Arbeiten, die Keimung aller Sporenformen (Spermatien ausgenommen) und zwar meistens als ein Austreiben langer, sich verzweigender Keimschläuche, seltener (vgl. Seite 153) in Form von Promycelium- und Sporidienbildung. Ueber das weitere Schicksal der Keimschläuche sind nur die folgenden Facta bekannt.

Bei Erysiphe findet man öfters Conidien, deren Keimschläuche sich zu einem wiederum conidientragenden Mycelium entwickelt haben; dass dieses auch die anderen Fructificationsorgane erzeugt, ist nach dem oben Gesagten wenigstens sehr wahrscheinlich.

Aussaaten von Schlauchsporen sowohl als Conidien des Eurotium herbariorum lieferten sämmtlich wiederum ein conidientragendes Mycelium (Aspergillus). Perithecien kamen zwar in den Culturen nicht zur Ausbildung, entstehen aber

spontan mit den Conidienträgern auf demselben Mycelium und später als diese.

Das Mycelium, welches sich aus den Conidien von Pleospora selbst auf dem Objectträger erziehen lässt, trägt, nach Tulasne's leicht zu bestätigender Beobachtung, wiederum Conidien, und zwar dieselben zweierlei Formen, welche auf dem spontanen, perithecienbildenden Mycelium gefunden werden. Das aus den Ascosporen der Pl. herbarum erwachsende verhält sich ebenso, nur dass an ihm bis jetzt die grössere Conidienform (Macroconidia) allein gefunden wurde.

Die Conidien von Sphaeria typhina treiben in Zuckerwasser Hyphen, deren kurze aufrechte Aeste wiederum Conidien erzeugen, welche den ausgesäeten nach Entstehung, Gestalt und Grösse gleich sind.

Reine und sorgfältig gehaltene Aussaaten der Schlauchsporen von Sordaria curvula entwickelten mir zu wiederholten Malen auf dem geeigneten Substrat aus ihren sehr verästelten Keimschläuchen ein reichlich perithecientragendes Mycelium. Von Fortpflanzungsorganen anderer Art konnte ich an diesem nichts, oder höchstens sehr vereinzelte und daher zweifelhafte Conidien finden.

Eine vollständige Entwickelungsgeschichte endlich besitzen wir, Dank den durch Durieu (vergl. Tulasne, Carpol. I, p. 144) und J. Kühn ergänzten Untersuchungen Tulasne's, für den Pilz des Mutterkorns, Claviceps purpurea und seine nächsten Verwandten. Aus den im Sommer gereiften und überwinterten Sclerotien, welche als Mutterkorn, Ergot (Sclerot. Clavus der Aelteren) bekannt sind, wachsen im kommenden Frühling auf feuchtem Boden meist je mehrere gestielt-kugelige Fruchtkörper hervor (s. Fig. 16, S. 39), deren kugeliger oberer Theil sich dicht mit halbeingesenkten Perithecien bedeckt. Die fadenförmigen Sporen, welche in diesen gebildet werden, schwellen bei Einwirkung von Wasser stellenweise an und treiben Keimschläuche an mehreren Punkten. Bei hinreichender Feuchtigkeit in die jungen Blüthen von Gramineen (Secale bei den Culturversuchen) gelangt, erzeugen die in Rede stehenden Sporen nach Kühns Untersuchungen die Mutterkornbildung, wie solche durch Tulasne's Arbeit bekannt ist; und zwar ohne Zweifel indem ihre Keimschläuche in das junge Pistill eindringen, wenn dieses auch noch nicht direct beobachtet wurde. Das vom Pilze befallene junge, zwischen den Spelzen verborgene Pistill wird zunächst überall durch- und überwuchert von den Hyphen des Pilzes, wie oben beschrieben wurde (S. 37, Fig. 14) und dieser bildet auf der ganzen Oberfläche ein weisses, von zahlreichen unregelmässigen Furchen und Gyri durchzogenes Hymenium (Léveillé's Sphacelia), in welchem auf cylindrischen Sterigmen Conidien abgeschnürt werden (Fig. 79, *a*). Gleichzeitig mit der Bildung dieser

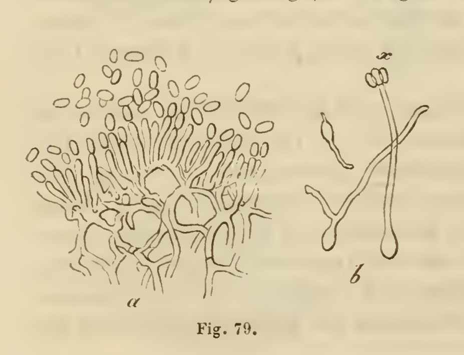


Fig. 79.

Fig. 79. Claviceps purpurea Tul. *a* Dünner Querschnitt durch das Conidien abschnürende Lager (Sphacelia), stark vergr. nach Tulasne copirt.

b Conidien keimend und bei *x* ein Köpfchen secundärer Conidien abschnürend. Nach Kühn.

wird ein zuckerhaltiger klebriger Saft abgesondert, der in dicken, von unzähligen Conidien getrübten Tropfen zwischen den Spelzen hervorquillt und das Vorhandensein den Parasiten hierdurch verräth. In dem Grunde des vom Mycelium durchwucherten Pistillrudimentes beginnt nun die Bildung des Sclerotiums, welches, wie oben beschrieben wurde (Fig. 15, S. 37), zu dem bekannten hornförmigen, die Spelzen überragenden Körper heranwächst und die vertrocknende Sphacelia als eine leicht ablösbare Kappe auf seinem Scheitel trägt. Mit der Fruchtreife des Grases erreicht auch das Sclerotium seine Reife und geht in einen bis zum kommenden Frühling dauernden Ruhezustand über. Die Conidien (von Tulasne früher Spermatien, von Kühn Stylosporen genannt) treiben leicht sofort nach dem Freiwerden Keimschläuche und diese bilden auf dem Objectträger zuweilen aufrechte Zweiglein, welche von neuem Conidien abschnüren (Fig. 79, *b*). Nach Kühn's vielleicht noch einmal zu prüfenden Angaben entwickelt sich aus den Keimen der Conidien, welche in junge Grasblüthen gelangen, Sphacelia und Sclerotium. Wenn Westendorp (Bull. Acad. Belg. 2e Sér., VII, Nr. 5, vgl. Bot. Ztg. 1862, p. 266) ausser Claviceps-Fruchtträgern noch Coprinus papillatus, Trichothecium, Aspergillus angeblich aus dem Mutterkorn hervorkommen sah, so macht dies eine mangelhafte Reinheit seiner Culturen, nicht aber einen genetischen Zusammenhang zwischen diesen Bewohnern zersetzter organischer Körper und Claviceps wahrscheinlich.

Litteratur.

Tulasne, Selecta fungorum Carpologia, Tom. I, p. 46 ff., 130, 191 ff. und Tom. II. und desselben Verfassers:

Note sur l'appareil reprod. des Lichens et des Champ. Ann. sc. nat. 3e Sér., Tom. XV (1851) p. 370.

Mém. sur l'ergot des Glumacées. Ibid. Tom. XX, p. 5.

Note sur l'appareil reprod. multiple des Hypoxylées ou Pyrénomycètes. Ibid. 4e Sér., Tom. V, p. 108.

Nouvelles observations sur les Erysiphes. Ibid. 4e Sér., Tom. VI, p. 299. Bot. Ztg. 1853, p. 257.

Note sur les Isaria et Sphaeria entomogènes. Ibd. 4e Sér., Tom. VIII, p. 44.

De quelques Sphéries fongicoles. Ibid. Tom. XIII, p. 5 (vgl. auch Cpt. rend. Tom. 41, p. 615. Tom. 50, p. 16).

v. Mohl, Ueber d. Traubenkrankheit. III. Bot. Ztg. 1854, p. 137.

Bail, Mycolog. Studien. (Nov. Act. Acad. Leop. Nat. Cur. Vol. XXIX) und de Bary, Flora 1863, p. 401. (Sphaeria typhina, Poronia, Torrubia etc.)

Kühn, Mittheilgn. d. Landw. Inst. Halle I, 1863 (Claviceps).

Janowitsch, üb. Nectria. Bot. Ztg. 1865, Nr. 19.

J. Koch, Votum gegen das Genus Tubercularia. Bot. Ztg. 1843, p. 153.

de Bary, Ueber Eurotium u. Aspergillus glaucus. Bot. Ztg. 1854, p. 425.

Berkeley and Broome, On some facts tending to show the probability of the conversion of Asci into spores in certain Fungi. Hooker's Journ. of Bot. 1851, p. 323.

Currey, On the fructification of certain Spheriaceous fungi. Philos. Transact. Roy. Soc. Lond. Vol. 147 (1858), p. 543, pl. 24—26.

10. Discomyceten.

Die Gruppen der Discomyceten, welche Fries (S. veg. Scand.) als Patellariacei, Phacidiacei und Stictei bezeichnet, stimmen, soweit unsere Kenntnisse reichen, mit den ihnen in jeder Hinsicht nahe verwandten Pyrenomyceten auch in Beziehung auf die Mehrfältigkeit und die Succession der Reproductionsorgane so sehr überein, dass sie hier nur ganz kurz berührt zu werden brauchen. Tulasne (Ann. sc. nat. 3e Sér., XX, p. 128) hat für die Genera Tympanis, Cenangium, Dermatea, Stictis, Triblidium, Rhytisma, Hysterium, Heterosphaeria

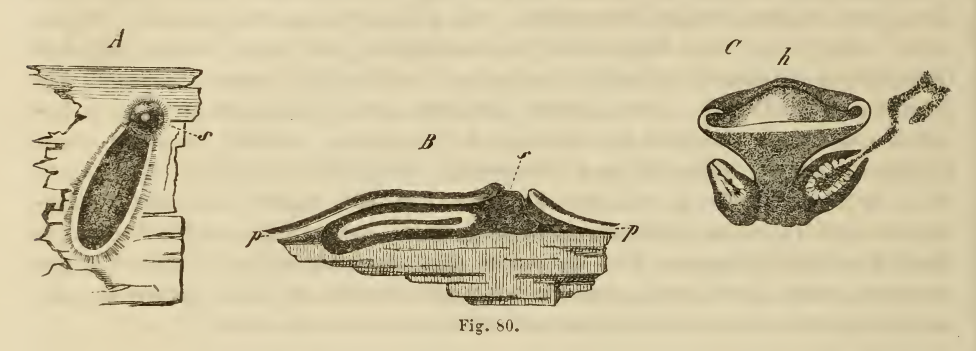


Fig. 80.

gezeigt, dass auf dem Mycelium oder Stroma successive dieselben verschiedenen Organe auftreten, wie sie für die Sphaeriaceen beschrieben wurden (vgl. Fig. 80), und dass die Fructification auch hier mit der Bildung des ascustragenden Hymeniums abschliesst. Als Vorläufer des letzteren sind zur Zeit für die meisten untersuchten Arten nur Spermogonien und Spermatien bekannt, von denen oben (S. 165) die Rede war, Pycniden und Stylosporen bei Cenangium, Dermatea, Stictis, Heterosphaeria Patella. Für das Vorkommen von Ascis mit acht, und anderen, in besonderen Hymenien auftretenden, mit sehr zahlreichen viel kleineren Sporen bei der nämlichen Species liefert Stictis cinerascens P. ein Beispiel (Tulasne, Carpol. I, p. 222). Auch für **Bulgaria** hat Tulasne Spermogonien und Spermatien als Vorläufer der schlauchtragenden Hymenien nachgewiesen. Der Kreislauf der Entwickelung ist noch für keine Species der genannten Genera vollständig bekannt; ausser den Productionen des ausgebildeten Myceliums kennt man nur die ersten Keimungsanfänge der Sporen.

Von den stattlichsten Repräsentanten der Discomycetengruppe, den Helvellacei Fries, kennt man einen Pleomorphismus der Fruchtbildung bis jetzt nur für eine Anzahl von Pezizen. Spermatien — vielleicht mit der Zeit in Conidien umzutaufen — bei P. benesuada Tul. (s. Fig. 69, S. 166), P. fusarioides Berk., Stylosporen und Spermatien bei P. arduennensis Mont., Stylosporen bei P. graminis (vgl. oben S. 166). Sporidienabschnürendes Promycelium bei P. tuberosa, P. bolaris u. a., (vgl. S. 154). Zweierlei Fruchtträger, die einen mit grösseren,

Fig. 80. *A* und *B* Triblidium quercinum P. *A* Rindenstück eines Eichenzweiges nach Entfernung des Periderma; *s* Spermogonium, daneben das längliche Fruchtlager. *B* Längsschnitt durch die Triblidium tragende Rinde. *s* Spermogonium, daneben Fruchtlager. *p* Periderma. *C* Tympanis conspersa Fr. *h* Fruchtlager, unten jederseits ein Spermogonium, das eine Spermatien entleerend. Alle schwach vergr., nach Tulasne copirt.

Keimschläuche treibenden Ascosporen, die anderen ebenfalls mit Ascis, welche kleinere und beim Keimen ein sporidienabschnürendes Promycelium treibende Sporen enthalten, bei P. Duriaeana Tul. (Carpol. I, p. 104). Bei P. confluens P. (Pyronema marianum Carus) beobachtete Tulasne (Carpol. I, p. 74) einzelne Fruchtträger, welche statt der Asci mit reihenweise abgeschnürten cylindrischen Conidien dicht bedeckt waren — ein jedenfalls seltener, mir bei sehr zahlreichen Untersuchungen genannter Species nie vorgekommener Fall. Regelmässig kommen Conidien auf den Enden stielförmiger Träger, die sich den Stilbumformen anschliessen, bei Helotium aureum P. und Verwandten vor (Tulasne, Carpol. I, p. 130). Eine Mehrzahl von Pezizen — P. Curreyana Berk., P. Duriaeana Tul., P. tuberosa Bull., P. Candollei Lév., P. Sclerotiorum Lib., P. Fuckeliana mihi u. a. entwickelt ihre Fruchtträger aus Sclerotien. P. Duriaeana führt in den ersten Entwickelungsstadien ein ächt parasitisches Leben; ihr Mycelium befällt lebende Carex arenaria, bildet im Innern der Halme dieser ihre Sclerotien und treibt aus diesen nach längerem Ruhezustand die Fruchtträger. P. Curreyana, welche ihre Sclerotien im Innern von Scirpus- und Juncus-Halmen entwickelt, scheint sich ähnlich zu verhalten. Dies deutet auf einen der Claviceps purpurea analogen Entwickelungskreislauf hin. Durieu vermuthet in dem Epidochium ambiens Desm. die conidientragende Form der P. Duriaeana. Für zwei andere sclerotienbildende Arten ist es mir gelungen, den Entwickelungsgang vollständig zu verfolgen. Bei P. Sclerotiorum ist derselbe höchst einfach. Aus den Keimschläuchen der Ascosporen entwickelt sich ein massiges Mycelium, welches sofort und so lange es Nahrung findet Sclerotien (Scl. compactum, varium Auctor.) bildet; aus letzteren sprossen dann nach überstandener Ruhezeit wiederum neue ascustragende Fruchtkörper hervor. Von Bildung andererFortpflanzungsorgane habe ich bei zahlreichen sorgfältig gehaltenen Culturen keine Spur bemerkt und kann hiernach jedenfalls bestimmt behaupten, dass solche, wenn überhaupt, dann höchst selten vorkommen.

Anders verhält sich die nahe verwandte kleine P. Fuckeliana. Ihr Sclerotium (von Fuckel als Scl. echinatum beschrieben, vergl. S. 30) bildet sich im Gewebe absterbender Blätter der Weinrebe im Spätjahr und Winter. Bringt man es im frisch reifen Zustande oder nach einige Monate dauernder trockner Aufbewahrung auf die Oberfläche feuchten Bodens, so beginnt schon nach 24 Stunden das Austreiben conidientragender Fäden, welche alle Eigenschaften der allbekannten und vielnamigen B o t r y t i s c i n e r e a Pers. (Botr. plebeja Fresen. Beitr. Polyactis Auctor. plurim. u. s. f.) besitzen. Säet man das Sclerotium, sei es im frisch gereiften Zustande, sei es nach mehrmonatlicher trockener Aufbewahrung einige Millimeter bis etwa 1 Cm. unter die Bodenoberfläche, so treibt es keine Conidienträger, dagegen in dem Sommer, der auf seine Entstehungszeit folgt, ascustragende, gestielt tellerförmige Becherchen. Die Fähigkeit letztere zu erzeugen dauert an älteren Exemplaren länger als die der Conidienbildung.

Aus den Keimschläuchen der Ascosporen erhielt ich in manchen Culturen wiederum nur Sclerotien, ohne Conidienbildung. Die letztere kann daher völlig übersprungen werden, insofern die Sclerotien direct wiederum die Ascusträger zu erzeugen vermögen. In anderen Fällen treibt das in dem Rebenblatte wuchernde Mycelium gleichzeitig mit der Sclerotienbildung oder vor und nach derselben zahlreiche aufrechte conidientragende Botrytisfäden. Aus den Keim-

schläuchen der Conidien sah ich, sowohl auf Rebenblättern als auf anderen pflanzlichen Organen und Substanzen, zunächst immer reichlich botrytistragendes Mycelium hervorgehen. Dass dieses, wenigstens auf den Blättern der Rebe, auch Sclerotien zu erzeugen vermag, ist kaum zweifelhaft, obgleich sichere directe Beobachtungen darüber fehlen. Es ist bekannt (vergl. S. 29), dass mehrere ungemein häufige Sclerotienformen, wie die als Scl. durum, Scl. bullatum beschriebenen, gleichfalls sowohl Botrytisfäden austreiben, als von einem botrytistragenden Mycelium ihren Ursprung nehmen, und diese Botrytis ist von dem conidientragenden Apparat der Peziza Fuckeliana nicht zu unterscheiden. Ob letztgenannte Sclerotien dem Formenkreise dieser nämlichen Species oder anderer nahe verwandter angehören, ist noch zu entscheiden. Auf den genetischen Zusammenhang der sogenannten Botrytis cinerea mit sclerotienbildenden Pezizen hat Münter, auf der deutschen Naturforscherversammlung zu Speier, zuerst in mündlichem Vortrage aufmerksam gemacht; nur hat er, irregeleitet durch die Aehnlichkeit, welche die verschiedenen hierher gehörenden Sclerotien mit einander zeigen, die Botrytis cinerea zu Peziza Sclerotiorum Lib. gezogen.

Dem Ascobolus-Mycelium werden von Coemans (Bull. Soc. Bot. Belg. I, Nr. 1) reichliche, reihenweise abgeschnürte Conidien zugeschrieben, wovon, bei der Kürze der betreffenden Notiz und der Freigebigkeit des Verfassers mit Conidien, die Bestätigung noch abzuwarten ist.

Will man auf Grund der bekannten Thatsachen allgemeine Regeln für den Entwickelungsgang der Pilze und die Bedeutung der verschiedenen Reproductionsorgane in demselben auffinden, so ist es zur Zeit geboten, sich an die genau ermittelten Fälle allein, also die Saprolegnieen, Mucorinen, Peronosporeen, Uredineen, Protomyces, Tilletia und eine Anzahl Pyreno- und Discomyceten zu halten, die minder bekannten aber vorläufig ausser Acht zu lassen. Fernere Untersuchungen werden dann zu entscheiden haben, ob die gegenwärtig festzustellenden Regeln allgemein anwendbar sind.

Bei den genauer bekannten Gruppen finden wir überall eine Form der Fortpflanzung, welche unstreitig den complicirtesten Bildungsprocess in dem Entwickelungsgange der Species darstellt, morphologisch betrachtet also als der Höhepunkt des letzteren angesehen werden muss. Diese Form der Fortpflanzung sei, zum Unterschiede von den übrigen, Fructification genannt, die anderen Formen, wie dies anderweitig Brauch ist, als Propagation bezeichnet. Bei den Saprolegnieen, Peronosporeen, Mucorinen besteht die Fructification in dem geschlechtlichen Zeugungs- und Copulationsprocess; bei den Uredineen stellt das Aecidium, bei den Ascomyceten das schlauchführende Hymenium oder Perithecium die Fructificationsorgane dar, Organe, welche nach Erysiphe zu urtheilen, zu einem sexuellen Zeugungsacte gleichfalls in Beziehung zu stehen scheinen. Wenige, noch unverstandene Ausnahmsfälle abgerechnet, kommt jeder Species nur eine Fructificationsform zu, und der Typus dieser ist innerhalb der einzelnen Familien, Ordnungen, Genera höchst gleichförmig.

Wenige Arten scheinen zu existiren, bei welchen die Fructification die einzige Form der Fortpflanzung ist. Doch kommt dieses nach den bekannten Thatsachen vor bei Peziza Sclerotiorum. Andere Arten — und vielleicht wird

die eben genannte durch fernere Untersuchungen auch noch zu diesen gestellt — haben ausser den Fructificationsorganen noch Propagationsorgane (z. B. Conidien), aber diese erscheinen nicht als absolut nothwendige Entwickelungsglieder der Species, ihre Bildung kann, ohne den Entwickelungsverlauf zu stören, ausbleiben: so Peziza Fuckeliana, Sordaria curvula. Eine dritte Reihe von Arten — die meisten beschriebenen Pyrenomyceten, die Saprolegnieen, Peronosporeen — zeigt Propagationsorgane, welche nothwendige Entwickelungsglieder genannt werden müssen, weil ihre Bildung nie ausbleibt. Sie treten als constante Vorformen an dem Mycelium auf, dessen Entwickelung mit Fructification abschliesst; und das aus ihren Keimen erwachsene Mycelium hat die gleichen Eigenschaften wie dasjenige, welches sie erzeugt hat. Sie sind im eigentlichen Sinne Vermehrungs-, Multiplicationsorgane.

Viertens endlich sind die Fälle zu nennen, in denen Propagationsorgane nothwendige Glieder der Speciesentwickelung sind, weil sie den Generationswechsel vermitteln, der für letztere charakteristisch ist. Hierher gehört Syzygites, Tilletia und vor allen die Uredineen, letztere entweder mit einfachem Generationswechsel (Endophyllum), oder dreifachem (Puccinia), welcher durch das alternirende Auftreten von Aecidium, Teleutosporen, Sporidien bezeichnet wird, und welchem ausserdem die constante Bildung von Multiplicationsorganen (Uredo) meistens angefügt ist. Die Multiplicationsorgane sind bei den genauer bekannten Uredineen durchaus eigenartige und stehen zu dem Generationswechsel in keiner directen Beziehung. Sie fehlen bei Podisoma. In anderen Fällen (Syzygites) treten dieselben Propagationsorgane, welche integrirende Glieder des Generationswechsels bilden, auch gleichsam überzählig, nur der Vervielfältigung dienend auf.

Es ist bemerkenswerth, dass das aus Propagationszellen erzogene Mycelium oft viele Generationen hindurch nur immer Propagationsorgane erzeugt (Peziza Fuckeliana, Hypomyces, Mucorini u. s. f.), was theilweise wohl in äusseren Bedingungen begründet, theilweise noch unerklärt ist. Für die Beurtheilung mancher zweifelhafter Fälle ist es wichtig, diese Thatsache im Auge zu behalten. Speciell darf hiernach z. B. aus dem Umstande, dass aus den Sporen von Coprinus neue sporentragende Hüte erzogen werden können, noch nicht geschlossen werden, dass letztere, sammt den homologen Organen der Hymenomyceten überhaupt und der Gastromyceten die Fructification darstellen. Hierüber haben erst ausgedehntere Untersuchungen zu entscheiden, für welche einige Winke enthalten sind in den bekannten Fortpflanzungserscheinungen der Tremellinen, — der nahen Verwandtschaft dieser mit den typischen Hymenomyceten einerseits und andererseits der vielfachen Aehnlichkeit ihrer Basidien mit den Teleutosporen der Uredineen. Die noch streitigen Fälle, wie der von Nyctalis, sind hier natürlich nicht heranzuziehen.

Es ist ohne Weiteres einleuchtend, dass die Organe und Processe der Fortpflanzung bei den Pilzen sich unmittelbar an die der Conferven anschliessen. Der Uebergang von diesen zu den entfernter verwandten Pilzformen wird vermittelt durch die Reihe der Saprolegnieen, Mucorinen und Peronosporeen, und da bei den Conferven eine Pleomorphie der Fortpflanzung seit Jahrzehnten bekannt und unbestritten ist, so erscheint es doppelt wunderbar, dass letztere für die Pilze von mancher Seite immer noch schlechthin in Abrede gestellt wird.

Die Terminologie der Reproductionsorgane muss, so lange die Entwickelung der verschiedenen Pilzgruppen ungleich bekannt ist, an einer gewissen Ueberladung leiden; ihre Vereinfachung ist von fortgesetzten Untersuchungen zu erwarten. Zur Zeit scheint sie mir am einfachsten nach folgenden zum Theil schon angegebenen Gesichtspunkten geregelt zu werden. Erstlich sind die Geschlechtsorgane und ihre unmittelbaren Producte mit besonderen Namen zu unterscheiden — Antheridium, Oogonium, Oospore, Zygospore, vergl. S. 101 und Capitel 5.

Zweitens sind, wie bei den verwandten Thallophyten, alle Fortpflanzungszellen, die nicht unmittelbares Product geschlechtlicher Zeugung sind und welche Keimschläuche oder Promycelien erzeugen, unter dem Namen Sporen zusammenzufassen, und nicht minder die von zweifelhafter Entwickelung und Bedeutung. Die verschiedenerlei Arten von Sporen können nach Bedürfniss und Ueberlieferung durch Zusammensetzungen (Ectosporen, Endosporen u. s. f.) oder besondere Worte unterschieden werden, wie in den vorausgehenden Abschnitten geschehen ist. Nach dem gegenwärtigen Stande der Dinge sind hier theils eigene Namen für bestimmte Einzelfälle nothwendig (z. B. Aecidium); andere lassen sich schon jetzt für Organe, welche bei sehr verschiedenen Gruppen oder Genera vorkommen, gleichmässig anwenden. So nenne ich, nach Tulasne's Vorgang, die von Promycelien oder von Sporen direct abgeschnürten Propagationszellen Sporidien[1]. So ist der Ausdruck Stylosporen in dem S. 194 bezeichneten Sinne für Pyreno- und Discomyceten allgemein anwendbar; und der Ausdruck Conidien ganz besonders für alle solche Propagationszellen, welche auf der freien Oberfläche besonderer, dem Mycelium entsprossender Träger abgeschnürt werden. Ihrer weiteren Entwickelung nach sind die Conidien theils einfache, theils zusammengesetzte Sporen (z. B. Xylaria, Claviceps, Peronosporae pleuroblastae, auch Uredo, Pleospora, Hypomyces u. s. f.), theils Zoosporangien (Peronosporae zoosporiparae, Cystopus).

Die in Obigem kurz recapitulirten terminologischen Regeln weichen von den durch Tulasne befolgten insofern ab, als dieser überall dazu geneigt ist, das Wort Sporen für die der typischen Fructification angehörenden geschlechtslosen Fortpflanzungszellen zu reserviren. Ich habe dieses Verfahren verlassen, weil es im Widerspruch steht mit dem für andere Thallophyten, speciell die Algen, eingeführten und weil die Erfahrung gelehrt hat, dass es practisch schwer durchführbar ist. Ob es sich in Zukunft wird einführen lassen, muss abgewartet werden.

---

1) Currey (Nat. hist. review XV, p. 394) meint, diese Anwendung des Wortes Sporidie führe zu einer Confusion der Terminologie, weil das Wort schon für die Ascosporen in Anwendung sei. Das ist nicht richtig, denn das Wort ist bisher für alles mögliche angewendet worden, und selbst von Berkeley, der es für die Ascosporen einführte, nicht consequent für diese. Zur Vermeidung der Confusion gibt es hier meines Erachtens überhaupt keinen anderen Weg als den, dass man die Standpunkte, von denen die mycologische Terminologie vor Tulasne ausging, völlig bei Seite lässt.

Vierte Abtheilung.

Physiologische Eigenthümlichkeiten der Pilze.

Capitel 7.

Von der Physiologie sind hier nur diejenigen Puncte zu erwähnen, in denen die Pilze von anderen Gewächsen abweichen oder irgend ein besonderes Interesse gewähren. Die Darstellung wird aus diesem Grunde und noch mehr weil die Untersuchungen über das physiologische Verhalten der Pilze erst in neuester Zeit wieder ernstlich aufgenommen worden sind, eine ungleichmässige und bruchstückweise sein müssen. Vorausgeschickt sei eine kurze Uebersicht der Ansichten über

I. Entstehung der Pilze.

Es ist bekannt, dass die älteren Ansichten, wie sie in Ehrenbergs Epistola de Mycetogenesi zusammengestellt sind, die Pilze nicht einmal für Pflanzen, sondern für Naturspiele, Excrescenzen fauler organischer Körper und dergleichen betrachteten, wenngleich schon einzelne alte Stellen auch von den Semina derselben reden. Nachdem man ihre Keime sowohl als deren Keimung seit Micheli wirklich kennen gelernt hatte, blieb doch die Meinung vielfach geltend, die Pilze entständen, ausser aus ihren Sporen, auch durch Generatio spontanea, Urzeugung oder Heterogenie, aus zersetzter oder krankhaft veränderter organischer Substanz. Die Fälle aus dem Pflanzenreich, auf welche sich die Anhänger der spontanen oder heteromorphen Zeugung stützten, sind fast ausschliesslich von den Pilzen hergenommen. Bei der Besprechung derselben können wir uns füglich auf dasjenige beschränken, was in neuerer Zeit vorgebracht worden ist, und die älteren Angaben und Ansichten ausser Acht lassen, welche auf einer Unbekanntschaft mit der Art und Weise *wie* und daher einer Unsicherheit darüber, *ob* sich die Pilze aus ihren Sporen entwickeln, beruhen. In Beziehung auf jene Angaben und Ansichten ist auf die Arbeiten zu verweisen, welche sich speciell mit der Lehre von der Generatio spontanea und ihrer Geschichte beschäftigen, insonderheit auf Pasteur, Examen de la doctrine des gén. spontanées (Ann. Chim. 3e Sér., Tom. 64. Ann. sc. natur. Zoologie. 4e Sér., Tom. 16; im Auszug Flora 1862, p. 355), Pouchet, Hétérogénie, Paris 1859 und die zahlreichen kleineren Arbeiten, welche sich in Kefersteins Bericht über die Fortschr. d. Generationslehre in d. Jahren 1858—60 (Jahresber. über Anat. und Physiol. von Henle u. Meissner, 1860) und zum Theil in der Flora, 1862, p. 355, angeführt finden.

Bei der Frage, welche hier zu besprechen ist, muss unterschieden werden zwischen solchen Pilzen, die sich auf todter organischer Substanz ansiedeln und als *Saprophyten*, Fäulnissbewohner bezeichnet werden können, und

anderen, die sich als Schmarotzer, Parasiten auf lebenden, oder höchstens im Absterben begriffenen Organismen entwickeln.

Die ersteren werden bemerklich, wenn die von ihnen bewohnten Körper in Zersetzung oder Gährung übergehen; daher die Annahme, dass sie, d. h. wenigstens die ersten Zellen, aus denen sie sich entwickeln, aus den Bestandtheilen des faulenden oder gährenden Körpers gebildet werden wie aus einer Mutterlauge. Ob eine solche spontane Entstehung der Pilze in unserer Schöpfungsperiode wirklich stattfindet oder nicht, darüber haben jedenfalls zunächst allein die Beobachtung und das Experiment zu entscheiden.

Nun fehlt es erstlich durchaus an jeder directen Beobachtung darüber, dass eine Zelle irgend welcher Art ausserhalb eines lebenden Organismus entstände, und in Folge davon auch an einer präcisen Vorstellung darüber, wie sie entstehen könnte. Die älteren Angaben über die Entstehung von Hefezellen in Fruchtsäften (S. 182), welche sich auf directe Beobachtungen beriefen, werden zur Zeit wohl von niemandem mehr für genügend angesehen. Wir wissen dagegen dass und wie die Pilze sich aus ihren Keimen zu entwickeln vermögen, und dass nach Aussaat von Hefezellen oder Pilzsporen in eine zu ihrer Weiterentwickelung geeignete Substanz die letztere in dem Maasse in Gährung und Zersetzung übergeht, als die Entwickelung des Pilzes fortschreitet. Zumal durch die unten noch zu besprechenden Arbeiten Pasteur's ist dargethan, dass der Vegetationsprocess des Pilzes die Ursache der Zersetzung ist. Die mikroskopische Untersuchung des Staubes, atmosphärischer Niederschläge und insonderheit die von Pasteur (l. c.) neuerdings angestellten Luftfiltrationsversuche haben nachgewiesen, dass entwickelungsfähige Pilzsporen, Hefezellen u. s. f. allenthalben verbreitet und in der Luft suspendirt sind und auf die zersetzungsfähigen Körper gelangen können und wirklich gelangen. Versuche, welche seit Spallanzani vielfach, neuerdings besonders von Schwann, Schröder und v. Dusch, H. Hoffmann, in der vollkommensten Weise aber von Pasteur angestellt wurden, haben ferner gezeigt, dass organische Substanzen, welche, sich selbst überlasen, leicht in Zersetzung übergehen unter gleichzeitigem Auftreten von Pilzen oder anderen Organismen, dann intact und von Pilzbildung frei bleiben, wenn sie einer Temperatur ausgesetzt waren, welche die etwa in ihnen vorhandenen Pilzsporen u. s. w. tödtet, und wenn ihnen nur solche Luft zugeleitet wird, aus welcher die organischen Keime entfernt worden sind, indem sie durch Schwefelsäure, Kalilösung geleitet, oder geglüht, oder durch dichte Baumwollenpfropfe, trockene Thierblase filtrirt wurde. Bringt man eine sehr zersetzungsfähige Flüssigkeit in einen Kolben mit sehr fein ausgezogenem Hals, welcher offen, aber derart hin und her oder abwärts gebogen ist, dass etwa durch die Luft zugeführte Keime nicht in die Flüssigkeit fallen können, sondern in dem Halse hängen bleiben müssen, kocht die Flüssigkeit einige Minuten lang und lässt dann das Gefäss offen stehen; so bleibt die Flüssigkeit (18 Monate nach directer Beobachtung) intact und frei von Organismen. Bricht man den Hals ab, so sind letztere und Zersetzungserscheinungen nach 18 — 24 Stunden vorhanden. Wenn man eine zersetzungsfähige Substanz nicht frei an der Luft stehen, sondern nur eine limitirte kleine Menge gewöhnlicher Luft zutreten lässt, erfolgt häufig, aber keineswegs immer Zersetzung und Auftreten von Pilzen oder anderen Organismen; und zwar bleibt die Substanz um so häufiger intact und

pilzfrei, je mehr die Luft von Staub rein und von menschlichen Wohnungen und sonstigen pilzführenden Orten entfernt aufgefangen worden ist. — Bei unbeschränktem Luftzutritt erscheinen die Pilze binnen kurzer Zeit, und meist immer die nämlichen, allverbreiteten Formen — z. B. Penicillium glaucum in den zum Experiment in der Regel angewendeten Zuckerlösungen. Bei limitirter Luftmenge treten die Pilzbildungen weit langsamer auf, und oft in verschiedenen Versuchen verschiedene Arten.

Ganz dieselben Resultate, welche an Substanzen beobachtet werden, die direct von einem Organismus hergenommen sind, und in denen frühere Vertheidiger der Generatio spontanea einen »Rest von Vitalität« oder Organisation annahmen, erhielt Pasteur mit einer künstlichen Flüssigkeit, welche keinen organisationsfähigen Körper enthält (10 Th. Candiszucker, 0,2 bis 0,5 weinsteinsaures Ammoniak, 0,1 Asche von Hefe auf 100 Wasser). Diese Erfahrungen und Versuche erklären jegliches Auftreten von Pilzen auf todter organischer Substanz aus der Entwickelung ihrer von Eltern erzeugten, allverbreiteten und leicht durch Luftzug und dergleichen verbreitbaren Keime oder Sporen. Es ist keine Thatsache bekannt, welche zur Zeit die Annahme einer elternlosen Entstehung forderte. Vielmehr findet diese Annahme darin eine erhebliche Schwierigkeit, dass viele der gerade für die Generatio spontanea angeführten Pilze und verwandten Organismen durch ihre Vegetation die bestimmten, specifischen Zersetzungsformen, als deren Begleiter sie gefunden werden, nachweislich erregen, also die Ursache desjenigen Processes abgeben, dessen Product sie sein sollten. Dies alles führt dahin, das Stattfinden einer spontanen Generation unter den gegenwärtig bekannten und im natürlichen Verlaufe der Dinge stattfindenden Bedingungen zu läugnen, zunächst für die Pilze; für die übrigen Organismen gilt in dieser Beziehung wesentlich das Gleiche. Allerdings ist zuzugeben, dass im Anfang einmal Organismen von selbst entstanden sind und unter ähnlichen Verhältnissen wie früher auch jetzt noch von selbst entstehen müssen (Nägeli, Rede üb. d. Naturhistor. Art. 1865, p. 43). So lange jene Verhältnisse und Bedingungen aber nicht näher bekannt sind, ist man, wie ich glaube, genöthigt, obige Negation aufrecht zu erhalten, ohne dabei zum Wunderglauben seine Zuflucht nehmen zu müssen.

Anders als für die Bewohner todter Körper könnte sich die Sache bei den Parasiten verhalten, welche lebende oder absterbende Organismen bewohnen. Hier finden sich die parasitischen Pilze im Innern der Gewebe und häufig geschlossener, noch lebender Zellen, also an Orten, wo Zellbildung erfahrungsgemäss stattfinden kann; die Organismen aber, welche man von Schmarotzerpilzen befallen findet, sind mehr oder minder krank, und es liegt daher die Annahme eines Hervorgehens der Parasiten aus krankhafter Zellbildung ihres Wirthes nahe. In der That ist für viele endophytische Schmarotzerpilze behauptet worden, dass sie aus einer krankhaften Zellbildung ihres Wirthes hervorgehen, den pathologischen Gewebselementen des Thierkörpers vergleichbar; und unter den thierbewohnenden Arten wurde für Entomophthora muscae (vergl. Seite 175) ähnliches angegeben. Ein unumstösslicher Beweis für diese Anschauungsweise schien in dem Vorkommen jugendlicher Schmarotzerpilze im Innern ringsum geschlossener Pflanzenzellen gefunden zu sein. Vergl. besonders Unger, die Exantheme der Pfl. 1833. Beiträge z. vergl. Pathologie. 1840.

Anatomie u. Physiol. d. Pfl. (1855), p. 159. Meyen, in Wiegmann's Archiv 1837, p. 419. Pflanzenpathologie (1841), p. 98, 154. Nägeli, Algensysteme, p. 118. Die Stärkekörner (1857), p. 135. Auch Reissek's Arbeiten über Entstehung der Pilze (Haidinger's Samml. Naturw. Abh. I, 1847 und Nov. Act. Nat. Curios. Vol. XXI, pars II, 469) schliessen sich hier an, nebst einer Arbeit Karsten's, Bot. Ztg. 1849, p. 361. Neuere Untersuchungen haben nun aber die erwähnten Ansichten als unhaltbar erwiesen und zu den von B. Prévost, Jos. Banks, De Candolle früher vertretenen Anschauungen zurückgeführt, indem sie die Beobachtungsfehler der oben genannten Schriftsteller bestimmt nachwiesen, die Unmöglichkeit, die Entstehung eines Parasiten aus den Organen seines Wirthes zu beobachten constatirten, und direct zeigten, wie das Vorkommen jenes im Innern geschlossener Gewebe und Zellen immer nur die Folge eines Eindringens von aussen her ist. Wenn auch, der Natur der Objecte zufolge, keine Versuche wie mit todter organischer Substanz angestellt werden konnten, so haben doch die vorhandenen Untersuchungen für jeden Einzelfall die Möglichkeit dargethan, das Auftreten des Parasiten aus der Entwickelung seiner elternerzeugten Keime zu erklären, und die Nothwendigkeit, auf Grund der bekannten Thatsachen diese Erklärung und keine andere zuzulassen. Die betreffenden Arbeiten sind meist oben (S. 188) bei den Uredineen citirt; über das Eindringen der Parasiten ins Innere von lebenden Zellen und Geweben habe ich in meiner dort angeführten Arbeit über die Champignons parasites Ausführliches mitgetheilt, nachdem diese Erscheinungen früher schon für Ustilagineen, Pythium und die Chytridien bekannt waren. Das Eindringen von Pilzen in todte Zellen war schon früher von Unger (Botan. Zeitg. 1847) und Schacht (Pflanzenzelle) beobachtet worden.

Die Allverbreitung der Sporen und Keime der Pilze, auf welche sich die ausgeführte Erklärung ihres Auftretens gründet, begreift sich leicht, wenn man bedenkt, welche immense Mengen dieser Organe von einem Mycelium oder Fruchtkörper producirt werden; statt der Ausrechnung ungeheurer Ziffern wird es genügen, hierfür auf die von den Hymenien und Sporen handelnden Capitel zu verweisen. Nach den bekannten Eigenschaften der Sporen bedarf es keiner besonderen Ausführung, dass dieselben in den meisten Fällen leicht bewegt und verbreitet werden; und ebenso ist es selbstverständlich, dass unter günstigen Entwickelungsbedingungen die Sporenmenge eines Pilzes in geometrischer Progression wachsen muss.

Es stellt sich hier die Frage, ob denn eine einzige Spore zur Erzeugung eines neuen fruchtbaren Myceliums genügt. Einfache sehr schnell wachsende Pilzformen, wie Mucorinen, Penicillium, Dematieenformen u. a. lassen leicht bei Aussaaten auf den Objectträger eine bestimmt bejahende Antwort auf diese Frage erhalten. Grössere Formen setzen der Untersuchung viele Schwierigkeiten entgegen, weil es meist kaum möglich ist, eine Spore für sich allein auf geeigneten Boden auszusäen, und weil es sich nach Aussaat vieler Sporen kaum je entscheiden lässt, ob ein Fruchtträger aus dem Keimungsproducte einer oder mehrerer entspringt.

Culturversuche (auf dem Objectträger) mit Sordaria curvula haben mir jedoch wenigstens für diese gezeigt, dass sich aus einer einzigen Spore ein reich wucherndes Mycelium mit zahlreichen Peritheciumanfängen (die wegen unzu-

reichender Ernährung allerdings nicht zur völligen Ausbildung kamen) zu entwickeln vermag. Hiermit steht die Erfahrung im Einklang, dass die Cultur von Pilzen sehr oft weit besser gelingt wenn eine sehr kleine, als wenn eine grosse Menge Sporen ausgesäet wird.

II. Keimungsbedingungen.

1. Keimfähigkeit.

Die meisten bekannten Fortpflanzungszellen der Pilze (sie seien hier der Kürze halber alle als Sporen bezeichnet) sind vom Augenblick ihrer Reife an keimfähig. Verhältnissmässig wenige treten zunächst in einen Ruhezustand ein, der im Freien bis zum Ende des auf ihre Bildungszeit folgenden Winters dauert, in der Cultur schon während des letzteren beendigt werden kann. Hierher gehören die Teleutosporen der meisten Puccinien (z. B. P. graminis), von Uromyces, Phragmidium, Melampsora, die Schlauchsporen von Erysiphe, (denen sich die Oosporen der Peronosporeen, Syzygites, die Asci von Protomyces macrosporus anschliessen. Die Oosporen der Saprolegnieen haben eine kürzere Ruhezeit. Das Misslingen der Keimungsversuche hat öfters in der Nichtberücksichtigung des nothwendigen Ruhezustandes seinen Grund gehabt, letzterer ist daher bei solchen Versuchen nicht ausser Acht zu lassen. Zur Erklärung des nothwendigen Ruhezustandes müssen dieselben Hypothesen, wie für Phanerogamensamen, Algensporen u. s. w. vorläufig dienen.

Die Dauer der Keimfähigkeit ist je nach der Species und Sporenart verschieden. Beschränkt ist sie, soweit die vorhandenen Untersuchungen reichen, bei sämmtlichen Uredineen, und zwar für die verschiedenen Sporenarten in verschiedener Weise. Die mit dem Moment der Reife keimbaren Uredo- und Aecidiumsporen können einige Wochen, selten Monate lang ihre Keimfähigkeit behalten. Diese erlischt jedoch, nach allen sicheren Beobachtungen, spätestens mit dem Ende des Sommers in welchem sie entstanden. Die überwinterten Teleutosporen von Pucc. graminis keimen ungemein leicht im Frühling, langsamer und seltener während des folgenden Sommers, vom August an konnte ich sie nicht mehr zur Keimung bringen. Teleutosporen mehrerer überwinternder Puccinien und Uromyceten, die eigens hierfür aufbewahrt waren, keimten im zweiten Sommer nach ihrer Entstehung nicht mehr.

Den Uredosporen ähnlich verhalten sich die Conidien (auch die Zoosporangien) der Peronosporeen. Ihre Entwickelungsfähigkeit erlischt nach einigen Wochen, z. B. nach 6—8 bei C. candidus, nach etwa 3 bei nicht völlig ausgetrockneten Conidien von Per. infestans; vollkommen lufttrockene hatten bei der letztgenannten Species ihre Entwickelungsfähigkeit schon nach 24 Stunden verloren.

Bei der Mehrzahl der Pilzsporen scheint die Dauer der Keimfähigkeit allerdings weit weniger eingeschränkt zu sein. Hoffmann fand die Sporen von Ustilago Carbo 11, 12, 31 Monate nach der Einsammlung keimfähig; Ustilago destruens nach 1 und nach $3\frac{1}{2}$ Jahren; Ustilago Maidis nach 2 Jahren. Tilletia Caries ist noch im Laufe des zweiten Jahres keimfähig. Die gleich den genannten und den folgenden vom Augenblick der Reife an keimfähigen Ascosporen von Sordaria curvula zeigten mir nach 28monatlicher Aufbewahrung alle sofort Keimung. Die

Sporen von Botrytis Bassiana bleiben, nach Robin's und eigenen Erfahrungen, 1—2 Jahre keimfähig, jedoch nicht viel länger. Die von Rhizopus nigricans Ehr. keimten mir ein Jahr nach ihrer Reife theilweise, nicht alle.

Hohe Temperaturgrade tödten die Sporen, und zwar in Wasser oder Wasserdunst eher als in trockener Umgebung. Der Tödtungpunkt ist erst für wenige Fälle bestimmt worden. In dem oben erwähnten Fall der ausgetrockneten Conidien von Peronosp. infestans erfolgte das Absterben schon bei 22°.

Nach H. Hoffmann ertragen die Sporen von Ustilago Carbo und U. destruens eine Temperatur von 104° bis 120° im Trockenen; im dunstgesättigten Raume liegt der Tödtungspunkt für U. carbo zwischen 58,5° und 62°, für U. destruens bei einstündiger Erwärmung zwischen 74° und 78°, bei zweistündiger zwischen 70° und 73°. Nach Payen (Cpt. rend. Tom. 27, p. 4) ertragen die Sporen eines im Innern von Brod gefundenen Schimmels, Oidium aurantiacum, eine Temperatur von 120°; auf 140° erhitzt waren sie verfärbt und todt.

Pasteur's genaue Versuche zeigten, dass die Sporen von Penicillium glaucum in trockner Luft bei 108° unverändert bleiben. Bei 119°—121° verlieren viele, doch nicht alle ihre Keimfähigkeit, bei 127°—132° alle sehr schnell. Ascophora elegans (= Mucor Mucedo?) hat den gleichen Tödtungspunkt. Aehnliche Resultate ergaben Versuche mit unbestimmten, im Staube enthaltenen Sporen, unter denen Botrytis cinerea P. (Peziza-Conidien) oder eine nahe verwandte Form deutlich bestimmbar ist, welche 121° ertrug. Erwärmung der in Flüssigkeit suspendirten Sporen auf 100° war in den Pasteur'schen Versuchen immer tödtlich. Es darf jedoch hier hinzugefügt werden, dass, nach einer andern Versuchsreihe Pasteur's zu schliessen, die Keime bestimmter Vibrionen in einer schwach saueren Flüssigkeit bei 100°, in einer neutralen oder leicht alkalischen dagegen erst bei 105° absterben.

Nach Schmitz ertragen die Sporen von Penicillium glaucum im Wasser eine Erwärmung auf höchstens 61°; die von Trichothecium roseum nur 12,5° (??), trocken aber 68°—75°; die von Peziza repanda im Wasser 63,75°, trocken 137,5° (?).

Dass die Keime bei höchstens 100° im Wasser fast immer getödtet werden müssen geht schon aus der Gerinnung der Proteinkörper bei dieser Temperatur hervor. Für die verschiedene Resistenz verschiedener Arten ergibt sich aus der Differenz des Gerinnungspunktes verschiedener Eiweisskörper einige, jedoch nach den mitgetheilten Angaben keine ausreichende Erklärung. Die Angabe Spallanzani's (Opusc. trad. par Sénébier II, p. 398), nach welcher Sporen von Rhizopus nigricans, und Meyen's, nach welcher frische Bierhefe im Wasser durch die Siedhitze nicht getödtet werden sollen, sind unrichtig.

Durch Erniedrigung der Temperatur unter den Gefrierpunkt wird die Keimfähigkeit vieler Pilzsporen in keiner Weise beeinträchtigt. Die überwinternden Teleutosporen der Uredineen ertragen die kältesten Winter ihrer Heimathländer im Freien: z. B. Puccinia graminis und Verwandte, Uromyces appendiculatus bei uns jedenfalls mindestens —15° bis —20°. Ebenso die Asci von Protomyces. Nach Hoffmann widerstehen dem Froste die Sporen von Ustilago Carbo, destruens, Trichothecium roseum, Fusarium heterosporum, Penicillium glaucum, Botrytis cinerea, sowohl im Wasser als trocken. Die Bierhefe bleibt, nach Cagniard-Latour, selbst bei —90° lebensfähig.

Aus den mitgetheilten, wenn auch noch dürftigen Daten geht jedenfalls das Eine mit Sicherheit hervor, dass sich über die Dauer der Keimfähigkeit der Pilzsporen, ihre Widerstandsfähigkeit gegen extreme Temperaturerhöhung u. s. w. kein für alle gleichmässig gültiges Gesetz aufstellen lässt, sondern, dass jede einzelne Sporenform und Species besonders untersucht werden muss, wenn man über sie ein sicheres Urtheil erhalten will.

Litteratur.

H. Hoffmann, über die Keimung der Pilzsporen, in Pringsheim's Jahrb. II, 267.
Pasteur, Examen de la doctrine des gén. spontan. Chap. VIII. l. l. c. c.
de Bary, Rech. sur les Champ. parasites, l. c.
Schmitz, Verhandl. d. naturhist. Vereins f. Rheinlande etc. II. (1845.)
Meyen, Jahresbericht, in Wiegm. Arch. IV, 2 (1838) p. 98.
Vgl. auch Tulasne, Carpolog. I. pag. 90.

2. Die äusseren Bedingungen des Keimungsprocesses

sind nach den vorhandenen Daten für die meisten Pilze dieselben, oder doch ganz ähnliche wie für Keime und Samen anderer Gewächse. Von der Temperatur, welche zum Keimen erforderlich ist, scheint allgemein zu gelten, dass ihr Minimum sehr niedrig liegt. Nach Hoffmann (l. c.) keimt Ustilago Carbo schon bei + 0,5° — 1°; Botrytis cinerea bei + 1,6° — 2,1°; Penicillium glaucum bei 6,2° u. s. w.[1] Allerdings gehen bei solch niedern Graden die Keimungen langsamer und schwächer als bei höherer Temperatur; das Optimum liegt wohl für alle Pilze innerhalb der mittleren Frühlings- und Sommertemperatur, ist übrigens für keinen genau bestimmt. Cystopus candidus fand ich bei + 5° ebensogut Zoosporen und Zoosporenkeime bildend als bei + 25°. Für das Maximum der Keimungstemperatur fehlen gleichfalls noch genaue Bestimmungen. Ustilago destruens keimt, nach Hoffmann, noch bei 38,75° (Minimum nach Hoffmann höher als + 5°).

Nach Beginn der Keimung werden viele (ob alle?) Sporen durch Frost getödtet (Hoffmann).

Alle Pilzsporen erfordern zur Keimung Vorhandensein von Wasser in ihrer Umgebung; wie an dem Anschwellen und dem Auftreten von Vacuolen direct sichtbar ist, beginnt der Keimungsprocess mit Wasseraufsaugung. Ausser den Zoosporenbildenden, den Peronosporae plasmatoparae und den nachher zu nennenden besonderen Ausnahmen keimen die bisher beobachteten Sporen mindestens ebensowohl in einer an Wasserdunst reichen Luft (aus welcher allerdings, wie Hoffmann bemerkt, immer kleine tropfbare Niederschläge erfolgen) oder auf Wassertropfen schwimmend, als wenn sie unter Wasser getaucht sind. Bei vielen, z. B. bei allen Uredineensporen nach Tulasne's und meinen Erfahrungen, bei den Tremellinen u. s. f. wird sogar durch Untertauchen die Keimung stark beeinträchtigt oder völlig verhindert. Andere, z. B. die meisten Schimmelpilze (Penicillium, Botrytis cinerea u. s. f.) keimen auf beide Arten ziemlich gleich gut.

---

1) Ich gebe immer Centigrade an; Hoffmann hat es manchmal zweifelhaft gelassen, ob er solche oder Réaumur meint.

Ueber die Einwirkung und Nothwendigkeit des Sauerstoffs fehlt es an Untersuchungen.

Für die meisten Sporen, jedenfalls alle in Wasserdunst keimenden (Uredineen, Ustilagineen, Peronospora, Rhytisma etc.) ist, abgesehen vom Sauerstoff, Wasser die einzige Substanz, deren Aufnahme zur Keimung erforderlich ist. Die Ausbildung des Keimschlauchs, des Promyceliums, der Sporidien geschieht im Uebrigen auf Kosten der in der Spore aufgespeicherten assimilirten Stoffe; diese werden, wie die directe Beobachtung lehrt, für die Neubildungen verbraucht; Wägungen würden, wenn sie ausführbar wären, eine Abnahme oder jedenfalls keine Zunahme der organischen Trockensubstanz ergeben. Das Verhältniss ist also das gleiche wie in den ersten Keimungsstadien phanerogamer Samen.

Anders verhält sich eine bis jetzt kleine, durch fernere Untersuchungen aber jedenfalls zu vermehrende Anzahl von Sporen. Ihre Keimung erfolgt nur in solchen Medien, welche die zur Ernährung des Myceliums der Species erforderlichen Stoffe enthalten; ihr Protoplasmagehalt vermindert sich dabei nicht zu Gunsten der Keimungsproducte, sondern bleibt wenigstens längere Zeit hindurch erhalten oder nimmt sammt dem Volumen der Spore zu; es ist also wenigstens in hohem Grade wahrscheinlich, dass hier mit dem Beginn der Keimung auch der Assimilationsprocess beginnt, und dass jene von letzterem abhängig ist. In reinem Wasser oder ungeeigneten Lösungen keimen solche Sporen entweder gar nicht, oder bleiben bei kümmerlichen Anfängen stehen. Hierher gehören die Sporen von Rhizopus nigricans; sie keimen nicht in reinem Wasser, leicht in Fruchtsäften, Zuckerlösungen u. s. w., auf denen das fruchttragende Mycelium gefunden wird. Ferner Mucor Mucedo, von welchem ganz besonders die Conidien (Botrytis Jonesii Berk.) in reinem Wasser nie keimen. Ferner Peziza Fuckeliana: die Ascosporen keimen in reinem Wasser absolut nicht, in Rohrzuckerlösung kaum, sofort in Weintraubensaft oder entsprechend componirten Traubenzuckerlösungen. Die Ascosporen der nahe verwandten P. Sclerotiorum beginnen dagegen leicht ihre Keimung in Wasser und Wasserdunst.

Diese Thatsachen dürften den Schlüssel zur Erklärung des Misslingens mancher bisherigen Keimversuche enthalten.

Gewisse hierher gehörende Eigenthümlichkeiten parasitischer Pilze werden im nächsten Abschnitte besprochen werden.

III. Ernährung der Pilze.

1. Nahrungsmittel. Aufnahme der Nahrung.

Die chemische Analyse ergiebt, dass die Pilze ähnliche Zusammensetzung haben, wie die übrigen Pflanzen, und dass sie gleich diesen Stoffe, die ihnen C, H, O, N liefern und eine gewisse Menge Mineralstoffe als Nahrung aufnehmen müssen. Aus denselben, in ihrer Organisation gegebenen Gründen wie die übrigen Pflanzen, müssen sie die Nahrung zum Behufe der Assimilation ins Innere der Zellen aufnehmen, also in gasförmigem oder tropfbar flüssigem, resp. gelöstem Zustande. Was die Pilze von den meisten andern, speciell von allen mit Chlorophyll und verwandten Pigmenten versehenen Pflanzen auszeichnet, ist

ihre durch den Chlorophyllmangel angezeigte Ernährung von *vorgebildeter organischer Substanz*, die Unfähigkeit, ihre sämmtlichen organischen Bestandtheile aus unorganischem Rohmaterial zu bilden. Nach ihrem Nahrungsbedürfniss sondern sich die Pilze in zwei schon mehrfach angedeutete Gruppen: *Schmarotzer*, *Parasiten*, welche auf lebende Organismen, Thiere und Pflanzen, angewiesen sind; und Bewohner todter, sich zersetzender organischer Körper, welche oben *Fäulnissbewohner*, *Saprophyten* genannt worden sind. Eine Anzahl von Pilzen scheint in verschiedenen Lebensstadien beiderlei Ernährungsweisen zu erfordern, nämlich ihre Entwickelung als echte Parasiten zu beginnen und als Saprophyten zu endigen. So die zahlreichen Pyreno- und Discomyceten, welche lebende Pflanzentheile befallen, auf diesen aber erst dann ihre Entwicklungshöhe erreichen, wenn dieselben abgestorben und theilweise zersetzt sind (z. B. die blattbewohnenden Rhytismen, Phacidium, Polystigma Tul., Stigmatea Tul.); ferner die insectentödtenden Parasiten (Torrubia mit ihren Vorformen, Botrytis Bassiana, Entomophthora). Es ist jedoch zweifelhaft, ob bei diesen Pilzen nach dem Absterben ihres Wirthes noch eine Assimilation stattfindet, oder nur, wie bei den Sclerotien, eine Umsetzung und Verbrauchung der während des parasitischen Stadiums aufgespeicherten Reservestoffe.

Im Einzelnen scheint das Nahrungsbedürfniss bei beiden Reihen fast ebenso mannigfaltig zu sein, wie die Pilzspecies selbst. Dies wird angezeigt durch die bekannte Thatsache, dass viele Pilzarten nur auf einem oder einer geringen Anzahl organischer Körper, lebender oder todter, überhaupt zur Entwicklung kommen oder ihre völlige Ausbildung erreichen. Nur eine verhältnissmässig kleine Anzahl von Saprophyten kommt auf sehr verschiedenartigen Substanzen vor, wie Penicillium glaucum, Mucor Mucedo und die Arten, welche faule Hölzer, Pflanzentheile, thierische Excremente verschiedenartiger Herkunft bewohnen.

Welches speciell die Nahrungsmittel sind, deren die einzelne Pilzspecies bedarf, ist nur für wenige, den *Saprophyten* angehörende Fälle genau bekannt.

Eine Anzahl von Schimmel- und Fermentpilzen, nämlich Penicillium glaucum, Hormiscium Cerevisiae, Rhizopus nigricans nimmt ihren ganzen Bedarf von Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und mineralischen Bestandtheilen aus dem Boden, in welchem das Mycelium ausgebreitet ist, oder der Flüssigkeit, in welche sie untergetaucht sind. Für Penicillium glaucum und Hormisc. Cerevisiae hat Pasteur gezeigt, dass sie vegetiren und assimiliren, wenn ihnen die nöthigen löslichen Mineralstoffe, stickstoffhaltige Nahrung in Form eines anorganischen Ammoniaksalzes oder einer organischen Verbindung, stickstofffreie Nahrung in Form von Zucker geboten wird. (Zusammensetzung der Versuchsflüssigkeit z. B. 10 Th. Zucker, 0,5 Ammoniaksalz, 0,1 Aschenbestandth. auf 100 Wasser.) Und zwar nimmt der Pilz seinen *Kohlenstoff* nur als vorgebildete organische Substanz auf; durch Kohlensäure kann ihm der Zucker nicht ersetzt werden. Dagegen können andere *organische* Substanzen statt desselben dem Penicillium als Nahrung dienen. Pasteur fand, dass dieser Pilz sich gut entwickelt auf einer Flüssigkeit, welche ihm Kohlenstoff und Stickstoff in Form von *saurem traubensaurem Ammoniak* darbietet. Die Traubensäure ist nach Pasteur's früherer Entdeckung zusammengesetzt aus optisch rechtsdrehender und linksdrehender Weinsäure, und gegen diese beiden zeigt Penicillium das merkwür-

dige Verhalten, dass es allmählich alle rechtsdrehende aufnimmt, während alle linksdrehende in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Ueber die mineralische Nahrung hat Raulin für Rhizopus nigricans genauere Untersuchungen angestellt und gefunden, dass dieser Pilz, bei einem Aschengehalt von weniger als 2 Procent, folgende Stoffe, nach ihrer relativen Menge in der Asche und dem Grade der Wichtigkeit für die Entwickelung des Pilzes geordnet, nothwendig erfordert: P. K. Mg. S. Mn.

Die in Rede stehenden Schimmel und die Hefe nehmen aus der Luft Sauerstoff in reichlicher Menge auf, wie dies für alle untersuchten Pilze längst bekannt ist; Stickstoff wird von ihnen in keiner Form aus der Luft aufgenommen.

Dagegen fand Jodin, dass andere, leider nicht näher bezeichnete Schimmelpilze, deren Substanz bis zu 6 Procent Stickstoff enthält, auf stickstofffreien organischen Körpern, wie Lösungen von Zucker, Glycerin, Dextrin, organischen Säuren, wenn sie die nöthigen Aschenbestandtheile aber keine Spur Stickstoff enthalten, gut gedeihen, und dass sie, in einer abgeschlossenen Atmosphäre von N und O cultivirt, eine beträchtliche Menge von N, und zwar bis zu 7 Volumprocente des aufgenommenen O, absorbiren. Ob N als solcher, oder vielleicht nach vorheriger Bildung von salpetrigsaurem Ammoniak (Schönbein) absorbirt wird; ob direct durch den Pilz oder etwa zunächst durch die Versuchsflüssigkeit ist nach den bis jetzt vorliegenden Mittheilungen unentschieden. Aehnliche, jedoch weniger präcise Resultate wie Jodin erhielt Vogel. Er ist vorläufig geneigt, den in die Flüssigkeiten gelangten Staub für die Quelle des Stickstoffs anzusehen.

Vergl. über das Angegebene:

Pasteur, Comptes rend. Tom. 51, p. 298.
Pasteur, Mém. s. l. fermentation alcoolique. Ann. Chim. et Phys. 3e Sér. Tom. 58.
Boussingault, Cpt. rend. Tom. 51, p. 571. Ann. Chim. 3e Sér. Tom. 61 p. 363.
Raulin, Etudes chim. sur la végét. des Mucédinées. Cpt. rend. Tom. 57, p. 228.
Jodin, Du rôle physiol. de l'azote. Cpt. rend. Tom. 55, p. 612.
Vogel, Sitzungsber. d. K. Bayr. Acad. 1862, p. 39.

Normale und üppige Entwicklung von Schimmel — Penicillium glaucum — wurde mehrfach beobachtet auf Lösungen von arseniger Säure, und oft ziemlich concentrirten (Hoffmann, in Pringsh. Jahrb. l. c.; Jäger, Wirkg. d. Arseniks auf Pflanzen, Stuttg. 1864); desgleichen auf Lösungen von Kupfervitriol, Eisenvitriol (Berkeley, Outlines p. 30). Ich habe selbst fussgrosse Häute von Pen. glaucum untersucht, welche sich auf Kupfervitriollösung, die zu galvanoplastischen Zwecken benutzt wurde, gebildet hatten. Es ist wohl unzweifelhaft, dass in diesen Fällen der Pilz von der jedem Organismus unbedingt giftigen gelösten Substanz nichts aufnimmt; ob er aus der Kupferlösung Schwefelsäure assimilirt, ist auch nicht so sicher wie Harvey und Berkeley (l. c.) anzunehmen scheinen.

Nach einer Anzahl bekannter, aber noch genauer zu analysirender und in den soeben mitgetheilten Untersuchungen nicht berücksichtigter Daten ist es gewiss, dass viele Pilze auf verschiedenerlei Substanzen vegetiren, sich selbst üppig entwickeln und Sporen bilden können, aber zur völligen Ausbildung, insonderheit zur Erzeugung der vollkommenen Fructification, eines ganz bestimmten Substrats bedürfen. Rhizopus nigricans z. B. bildet Zygosporen und Sporangien, wenn er auf säuerlichen Früchten (Stachelbeeren, Vogelbeeren, Johannis-

beeren, auch auf Brot) wächst. Auf den ausgepressten Säften jener Früchte, auf Zuckerlösungen u. s. w. wurden, bei sonst oft üppiger Vegetation, nie Zygosporen beobachtet. Syzygites megalocarpus entwickelt seine Sporangien, nach Schacht, auf vielerlei todten organischen Substanzen, wie Brot u. s. f., Zygosporen nur auf fleischigen und zwar, wie es scheint, noch lebenden Schwämmen. Von Peziza Fuckeliana erhält man in ausgepresstem Traubensafte ein überaus massenhaftes, aber immer steriles Mycelium, die später fruchtbildenden Sclerotien nur in den Blättern der Rebe.

Ferner ist hier eine Thatsache zu erwähnen, welche zeigt, dass es Pilze giebt, deren Mycelium zu seiner ersten Ausbildung andere Nahrung erfordert, als zu seiner Weiterentwickelung wenn es einmal ausgebildet ist. Peziza Sclerotiorum findet sich oft üppig und massenhaft Sclerotien bildend auf Rüben (Daucus, Brassica). Ihre Sporen keimen auf jeglichem feuchten Substrat. Die Keimschläuche sterben aber bald ab und entwickeln sich nie zum Mycelium, wenn sie auf Rüben gesät werden; reichliche Mycelium- und Sclerotienbildung findet dagegen auf saftigen Früchten (Weinbeeren, Stachelbeeren, Melonen, Gurken) oder deren ausgepresstem Safte statt; und das hier entwickelte flockige Primärmycelium setzt seine Vegetation und Sclerotienbildung kräftig fort, wenn es auf Rüben übertragen wird.

Für die Schmarotzerpilze ist zwar noch nicht genau bekannt, welches die Stoffe sind, die sie für ihre Ernährung aus lebenden Organismen aufnehmen. Wohl aber kennt man von ihnen eine Reihe bemerkenswerther, zu dem Ernährungsprocess in unmittelbarer Beziehung stehender Thatsachen.

Zunächst gilt dieses für die Pflanzen bewohnenden Parasiten. Bei diesen ist zu unterscheiden zwischen solchen, die ganz oder theilweise im Innern des von ihnen bewohnten Gewächses — ihres Wirthes oder ihrer Nährpflanze — leben, als Endophyten, und anderen (wenigen), welche nur die Oberfläche des Wirthes, als epiphyte Schmarotzer, bewohnen.

Bei sämmtlichen bis jetzt untersuchten Pflanzenparasiten beginnt die Keimung der Sporen ausserhalb der Nährpflanze. Auch von den Endophyten dringen nie die Sporen in jene ein, um erst im Innern zu keimen (wie bis vor kurzem allgemein angenommen wurde), sondern immer die Keimschläuche. Die Bildung dieser beginnt unter alleiniger Einwirkung von Wasser oder feuchter Luft; sie erreichen hier, auf Kosten der in der Spore aufgespeicherten Reservestoffe, eine für jede Art bestimmte Grösse und Form. Finden sie keine geeignete Nährpflanze, so sterben sie rasch ab, sind sie auf eine solche gelangt, so entwickelt sich der Keimschlauch zum Mycelium.

Bei den Endophyten beginnt diese Entwickelung mit dem Eindringen ins Innere des Wirthes und dieses erfolgt, je nach den Species und Sporenformen in verschiedener Weise. Eine erste Reihe von Keimschläuchen tritt nur in die Spaltöffnungen der Nährpflanze ein. Dies gilt zunächst von denen sämmtlicher Uredo- und Aecidiumsporen der Uredineen. Der lange, gekrümmte Keimschlauch wächst über die Epidermis hin; sobald seine Spitze eine Spaltöffnung trifft, senkt sie sich in diese ein, meistens nachdem sie vorher ausserhalb der Spaltöffnung blasig angeschwollen war. Das eingetretene, in der Athemhöhle liegende Ende nimmt rasch an Umfang zu, alles Protoplasma des Keimschlauches wandert in dasselbe ein, dieser stirbt, soweit er sich ausserhalb befindet, sammt der Sporen-

membran ab. Das eingetretene Ende des Keimschlauches treibt sofort Zweige, welche sich zu Myceliumfäden entwickeln (Fig. 81). Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, dass die in Rede stehenden Keimschläuche in die Stomata jeder beliebigen phanerogamen Pflanze eintreten, um sich jedoch nur in bestimmten Nährspecies des Parasiten weiter zu entwickeln, in allen anderen dagegen noch innerhalb der Athemhöhle abzusterben. Hierher gehören ferner die kurzen Keime der Sporidien von Puccinia Dianthi DC. Keimt eine Sporidie in der Nähe einer Spaltöffnung, so richtet sich ihr Keimschlauch sofort nach dieser hin, tritt ein und wächst zum Mycelium heran. Findet die Keimung, die in feuchter Luft überall leicht geschieht, an irgend einem anderen Orte statt, so richten sich die Schläuche ordnungslos nach allen Seiten und gehen nach kurzem Längenwachsthum zu Grunde.

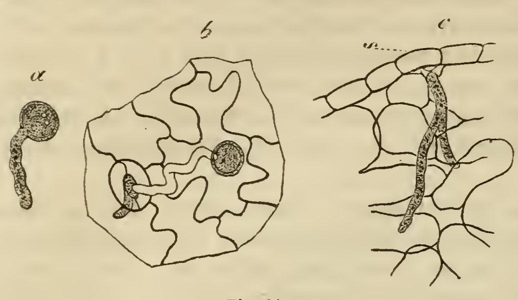


Fig. 81.

Die Schwärmsporen von Cystopus und Peronospora nivea (Umbelliferarum) treiben im Wasser schnell absterbende Keimschläuche. In Wassertropfen auf der Oberfläche ihrer Nährpflanzen kommen sie vorzugsweise auf oder dicht neben den Stomata letzterer zur Ruhe und treiben ihre Keimschläuche in diese hinein. Für sämmtliche aufgezählte Keime gibt es keinen anderen Weg, um ins Innere ihres Wirthes zu gelangen, als den angegebenen. Ueber die Ursache für die Fixirung der Zoosporen auf und für die Krümmung der Keimschläuche gegen oder in die Spaltöffnungen ist schwer ins Klare zu kommen; ihre Ermittelung bildet einen dankbaren Gegenstand für fernere Untersuchungen.

Den aufgezählten Fällen scheint sich noch Polydesmus exitiosus (Kühn, Krankh. d. Culturgew.) anzuschliessen; und ferner dürften fortgesetzte Untersuchungen ergeben, dass die Keimschläuche der verschiedenen Sporenformen von Sphaeriaceen, welche auf lebenden oder abgestorbenen grünen Pflanzentheilen gefunden werden (Pleospora, Stigmatea u. s. f.) in die Stomata der lebenden Pflanze eindringen, um sofort oder nach dem Absterben letzterer die Weiterentwicklung zu beginnen. Wenigstens spricht hierfür eine Anzahl gelegentlicher Beobachtungen.

Bei einer zweiten Reihe von Schmarotzerpilzen und Sporenformen dringen die Keime n i e in eine Spaltöffnung, selbst wenn die Spore auf einer solchen liegt, sondern bohren sich durch die Epidermiszellen ins Innere der Nährpflanze ein. Hierher gehören die gegenwärtig bekannten Sporidienkeime der Uredineen und Peronosporen (Fig. 82) mit den oben angeführten Ausnahmen, und, nach J. Kühn die Keime von Tilletia Caries, wahrscheinlich auch die von Claviceps und Protomyces. Der Keimschlauch dieser Sporen (er entsteht überall leicht unter allei-

Fig. 81. Uromyces appendiculatus. Vergr. 195. *a* Uredospore, keimend. *b* Ebensolche, Keimschlauch eindringend in eine Spaltöffnung der Blattunterfläche von Faba vulgaris Mch.

c Querschnitt durch ein Blatt von Faba vulgaris. Von der Spaltöffnung *s* aus ein verzweigter Keimschlauch in das Parenchym eintretend.

niger Gegenwart von Wasserdunst) wendet sich nach meist kurzem Verlaufe gegen die Aussenwand der Oberhautzelle, stemmt sein Ende fest auf diese und treibt dann durch die Zellenwand hindurch einen dünnen, auch bei starker Vergrösserung meist nur als einfacher Strich erscheinenden Fortsatz; die Spitze dieses schwillt, sowie sie in den Innenraum der Zelle getreten ist, zu einer erst rundlichen, dann schlauchförmig gestreckten Blase an, in welche der ganze Protoplasmainhalt der Spore einströmt; letztere, sammt dem aussen befindlichen Theile des Keimschlauches erscheint bald nur von wässeriger Flüssigkeit erfüllt und geht rasch zu Grunde. Auch der fadenförmige Fortsatz, welcher die Zellwand durchsetzt, wird undeutlich, die Oeffnung in letzterer, welche er verursachte, wird, wie es scheint, wieder geschlossen; kurze Zeit nach dem Eindringen ist jede Spur dieses Actes verschwunden bis auf ein kleines Fortsätzchen, vermittelst dessen der im Innern der Zelle befindliche Schlauch an der Eintrittsstelle befestigt ist. Der eingedrungene Schlauch wächst nun beträchtlich, verzweigt sich oft noch innerhalb der Epidermiszelle und durchbohrt endlich die Innenwand dieser, um sich in dem darunter liegenden Gewebe zum Mycelium zu entwickeln.

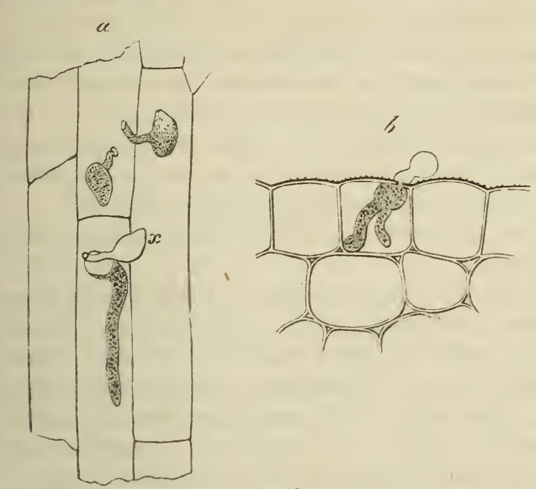


Fig. 82.

Wenig von dem beschriebenen Vorgange verschieden ist das Eindringen der Pythien und Chytridieen. Die zu Ruhe kommende Schwärmspore setzt sich hier auf die Zellen der Nährpflanze fest und treibt meist unmittelbar jenen oben beschriebenen feinen, die Zellwand durchbohrenden Fortsatz. Das eingedrungene Ende dieses verhält sich im Wesentlichen wie oben beschrieben wurde.

Bei wenigen Parasiten endlich — Peronospora infestans und parasitica — treten die Keimschläuche ohne Unterschied sowohl in die Spaltöffnungen als durch die Zellwände ein.

Sämmtliche in die Oberhautzellen eindringenden Keime durchbohren nur die Zellwände bestimmter Nährspecies; auf der Epidermis jeder anderen Pflanzenart verhalten sie sich wie auf Glasplatten: sie treiben Keimschläuche nach beliebiger Richtung und gehen sammt letzteren bald zu Grunde (die der Chytridieen ohne Keimschläuche getrieben zu haben). Bei sehr zahlreichen Untersuchungen habe ich von dieser Regel nur die einzige Ausnahme gefunden, dass die Keime

Fig. 82. Vergr. 390. *a* Uromyces appendiculatus, Sporidien keimend auf der Stengelepidermis von Faba vulgaris Mch.; der Keimschlauch der einen (*x*) in eine Epidermiszelle eingedrungen und bedeutend gewachsen.

b Peronospora infestans Mont. Zoospore keimend und Keimschlauch eindringend in eine (quer durchschnittene) Epidermiszelle von einem Kartoffelstengel. Das Präparat 17 Stunden nach der Aussaat gemacht.

der auf Anemonen schmarotzenden Peronospora pygmaea Unger einmal in die Epidermis von Ficaria ranunculoides eindrangen, um jedoch sofort abzusterben. Die meisten der in Rede stehenden Keimschläuche durchbohren sowohl zarte, jugendliche Epidermismembranen, als auch stark verdickte und cuticularisirte, wenn auch an jenen das Eindringen augenscheinlich leichter und schneller stattfindet. Ein hiervon verschiedenes Verhalten ist bis jetzt nur für die Sporidienkeime von Endophyllum Euphorbiae (und für Synchytrium) bekannt. Erstere dringen nur in die Epidermis der jungen, mit den Sporidien in demselben Frühling entwickelten Blätter der Nährpflanze — Euphorbia amygdaloides L. — ein, in die überwinterten nicht. Synchytrium Taraxaci und ohne Zweifel auch die ihm verwandten Formen dringt nur in junge unentwickelte Organe seiner Nährpflanze, in völlig entfaltete, wenn auch noch jugendliche, dagegen niemals.

Von den Kräften, welche bei der Einbohrung in die Oberhaut wirksam sind, haben wir noch keine nähere Kenntniss.

Alle pflanzenbewohnenden ächten Parasiten kommen nur auf jeweils ganz bestimmten Species von Nährpflanzen zur Entwickelung, sei es, dass eine Schmarotzerspecies nur auf einer einzigen, oder auf einer Anzahl verwandter Nährpflanzenarten wohnt. Jeder Blick in die beschreibende Pilzlitteratur liefert hierfür eine Fülle von Beispielen. Hier seien nur Peronospora Radii, Cystopus Bliti, Rhytisma Andromedae, dem sich viele verwandte Formen anschliessen, Triphragmium Ulmariae, Tr. echinatum beispielsweise als Species genannt, welche erst auf einer Nährpflanzenart gefunden wurden, ferner die Weintrauben-Erysiphe, welche bei uns wenigstens nur Vitis vinifera befällt; und von solchen, die eine Reihe von Species bewohnen, z. B. Cystopus candidus auf vielen Cruciferenarten; Peronospora infestans Mont. auf Solanum tuberosum L., seinen knollenbildenden nächsten Verwandten und S. Dulcamara, S. laciniatum, S. Lycopersicum L.; Sphaeria typhina auf Gramineen; Rhytisma acerinum u. s. w. Bei den Parasiten, welche mehrere Nährspecies bewohnen, sind diese fast immer Angehörige derselben Gattung oder wenigstens natürlichen Familie. Manchmal sind einzelne Arten einer Familie zur Ernährung eines Parasiten geeignet, andere nicht; so entwickelt sich Puccinia Compositarum Schl. z. B. auf Taraxacum, Cirsium arvense, aber nicht auf Tragopogon. Das von Berkeley angegebene Vorkommen von Peronospora infestans Mont. auf Anthocercis viscosa, einer neuholländischen Scrophularinee, das von mir angegebene Vorkommen der Cruciferen bewohnenden P. parasitica auf Reseda luteola sind unter den endophyten Schmarotzern jedenfalls seltene, noch der Prüfung bedürftige Ausnahmefälle. Grösser scheint die Mannigfaltigkeit der Nährpflanzen bei der jedenfalls vorwiegend epiphytischen Gattung Erysiphe, wenigstens bei manchen Arten derselben, zu sein. E. guttata z. B. bewohnt (nach Tulasne, Capol. I, p. 159) die Blätter von Corylus, Carpinus, Fagus, Betula, Crataegus, Fraxinus; auch E. communis scheint über vielerlei Phanerogamen verbreitet zu sein; doch haben hier erst ausführlichere Untersuchungen die Grenzen dieser Species sicherzustellen. Ueberhaupt ist zu erwarten, dass genauere mikroskopische Untersuchungen die Zahl der Schmarotzerspecies vielfach vermehren und gleichzeitig die Anzahl der Nährspecies, welche die einzelne Art bewohnt, vermindern werden.

Zu den einzelnen Organen und Geweben ihrer Nährpflanzen zeigen die verschiedenen Arten von Parasiten verschiedenes Verhalten. Es ist seit lange be-

kannt, dass die Fructification vieler Parasiten nur auf bestimmten Organen, Wurzeln, Blättern, Früchten u. s. w. ihres Wirthes gefunden wird. Genauere Untersuchung zeigt ferner, dass die einzelnen Arten der Endophyten ihre verschiedenen Fortpflanzungsorgane constant in oder auf bestimmten Geweben der befallenen Theile bilden: Im Innern des Parenchyms, inter- oder intracellulär (z. B. Ustilagineen, Protomyces, Sexualorgane der Peronosporeen); sehr oft unter der entweder unverletzten, oder zuletzt aufreissenden Epidermis (z. B. Uredineen, viele Pyreno- und Discomyceten); in manchen Fällen bilden sich die Fruchtlager selbst zwichen den Epidermiszellen und der Cuticula oder den Cuticularschichten, letztere abhebend und zuletzt oft in verschiedener Weise perforirend (Rhytisma Andromedae, Exoascus Pruni, Spermogonien von Puccinia Anemones u. a. m.); endlich treten viele endophyte Pilze zum Behufe der Fruchtbildung an die Aussenfläche, theils durch die Stomata, theils indem sie die Hyphen die Oberhautzellen perforiren und aussen die Fruchtträger entwickeln (Conidienträger von Peronospora, Ustilago hypodytes, Sorisporium Saponariae, Sphaeria typhina u. s. f.) Auch die in Algenzellen lebenden Pythien sind hier zu nennen, und es ist die Frage, ob nicht selbst das epiphytische Mycelium von Erysiphe (soweit es sich nicht aus den Conidien entwickelt) ursprünglich aus dem Innern der befallenen Pflanze auf ihre Oberfläche tritt. Nicht minder verschieden ist die Verbreitung des Myceliums und selbst das Verhalten der eindringenden Keime. Bei den Parasiten, welche phanerogame Pflanzen bewohnen, kennt man in dieser Beziehung hauptsächlich (für vielerlei Einzelheiten ist auf die Monographien zu verweisen) folgende Fälle.

1) Die Keime dringen in Stengel, Blätter und Blüthentheile an jeder beliebigen oder, für die oben bezeichneten Fälle, an jeder mit Spaltöffnungen versehenen Stelle ein, das Mycelium entwickelt sich und fructificirt hier, und überschreitet nicht die nächste Umgebung des Ortes, wo das Eindringen stattfand, es geht z. B. nicht über das Foliolum, wo es sich entwickelte, hinaus. Hierher viele Uredineen, z. B. Puccinia graminis, P. straminis, Uromyces Phaseolorum, U. appendiculatus u. s. f.

2) Die Keime dringen überall ein, wie in dem ersten Falle, oder entwickeln sich (bei Epiphyten) auf jedem Punkte der Oberfläche, das Mycelium überwuchert oder durchwuchert von den Punkten seiner ersten Entwickelung aus die ganze Pflanze oder doch weite Strecken derselben und fructificirt allerwärts. Hierher viele Erysiphen, z. B. E. communis, Peronospora-Arten, z. B. P. Alsinearum, P. Ficariae, auch wohl P. infestans u. a.

3) Eindringen und Verbreitung des Myceliums wie bei dem zweiten Fall, aber Fruchtbildung nur oder ganz vorzugsweise in bestimmten Organen. Endophyllum Sempervivi dringt im Frühling in jedes beliebige Blatt der Nährpflanze ein, durchwuchert alle Theile letzterer und fructificirt im nächsten Frühling in den jüngeren der überwinterten Blätter.

4) Eindringen, Myceliumentwickelung und Fructification erfolgt nur an einem bestimmten Organe (z. B. Fruchtknoten) der Nährpflanze, die ganze parasitische Entwickelung des Pilzes verläuft in diesem Organe: Claviceps (S. 36 u. 198).

5) Das Eindringen geschieht an bestimmten Punkten, das Mycelium durchwächst von diesem aus die ganze Nährpflanze, um fern von der Eintrittsstelle, aber wiederum in bestimmten Organen zu fructificiren. Für Endophyllum

Euphorbiae ist der Ort des Eindringens oben angegeben worden; das durch die ganze Nährpflanze verbreitete Mycelium fructificirt nur in den Blättern der jungen (durch den Pilz verunstalteten) Blüthenstengel. Tilletia Caries dringt in die Achse (vielleicht auch die Würzelchen) der keimenden Weizenpflanze ein, das Mycelium wächst mit dem Stengel dieser empor, um in den Fruchtknoten zu fructificiren. Aehnlich verhält sich Ustilago destruens, U. Carbo Tul. (nach Hoffmann) und wohl die meisten in Blüthen und Früchten sporenbildenden Ustilagineen. Cystopus candidus treibt, auf Capsella und Lepidium sativum, zwar in sämmtliche Spaltöffnungen seine Keimschläuche, diese entwickeln sich aber nur dann weiter, wenn sie in die Cotyledonen eingetreten waren. Das Mycelium durchwächst von hier aus die ganze oberirdische Pflanze, um sowohl in allen grünen Organen, als vorzugsweise den Blüthen und Inflorescenzen zu fructificiren. An manchen Cruciferen, z. B. der saftigen Heliophila crithmifolia, vermögen die eingedrungenen Keime sich auch in den anderen Blättern zum Mycelium zu entwickeln, hier verhält sich der Parasit wie unter 2) angegeben wurde.

Für viele Schmarotzerpilze wissen wir zur Zeit, dass ihr Mycelium durch die ganze Nährpflanze, oder doch weite Strecken derselben verbreitet ist und nur in bestimmten Organen fructificirt, ohne von dem Eindringen Kenntniss zu haben; ob sie unter 5) oder 3) gehören ist daher zweifelhaft. (Beispiele: Sphaeria typhina, Uromyces scutellatus (Aecidium Euphorbiae Cyparissiae), Puccinia Anemones, Aecidiumform von Pucc. Tragopogonis, Ustilagineen, Peronospora Radii dBy u. s. f.

Von dem Perenniren endophyter Mycelien ist im zweiten Capitel (Seite 42) die Rede gewesen.

Eine weitere Eigenthümlichkeit mancher Endophyten mit pleomorpher Fortpflanzung besteht darin, dass sie zwar die ganze Nährpflanze durchwuchern und auf den verschiedenartigen Theilen dieser Reproductionsorgane bilden, aber bestimmte Fortpflanzungsorgane nur auf oder in bestimmten Theilen des Wirthes entwickeln. Cystopus Bliti bildet seine Conidien nur auf den Blättern, Oosporen nur in den Stengeln der Nährpflanze (Amarantus Blitum Auct.), Cyst. candidus bildet Conidien reichlich auf allen oberirdischen Organen seiner Nährpflanzen; seine Oosporen fand ich niemals in Laubblättern; manche Peronospora-Arten verhalten sich ähnlich, z. B. die P. Arenariae Berk. auf Möhringia trinervia.

Ferner ist eine Anzahl pflanzenbewohnender Parasiten mit pleomorpher Reproduction bekannt, welche mehrere oder viele Nährpflanzen bewohnen, auf allen Sporen bilden, aber, wenigstens in den Gegenden, wo die bisherigen Untersuchungen stattgefunden haben, nur auf einzelnen bestimmten Arten auch ihre Fructification, d. h. die höchstorganisirten, den Gipfelpunkt der Entwickelung bezeichnenden Fortpflanzungsorgane. Von mehreren hierher gehörigen Fällen aus der genauer untersuchten Gruppe der Peronosporeen sei hier nur Cystopus cubicus erwähnt, ein Parasit, welcher auf Tragopogon-, Podospermum-, Scorzonera-Arten üppig gedeiht und Conidien entwickelt, mit Oosporen dagegen bis jetzt ausschliesslich — aber sehr häufig — auf Scorzonera hispanica gefunden worden ist. Aehnliches findet sich bei manchen Uredineen, bei Erysiphe-Arten, und es dürfte hier der Ort sein, die Erysiphe der Weintraubenkrankheit zu erwähnen. Trotz seiner verderbenbringenden weiten Verbreitung bildet dieser

Parasit der Weinrebe östlich vom Rhein und nördlich von der Alpenkette nur Conidien (Oidium Tuckeri Berk.); in den transalpinen Ländern und dem westlicheren Europa ausserdem auch Pycniden (Ampelomyces Cesati, Cicinobolus Ehrbg.). Seine Perithecien sind bis jetzt unbekannt, die sichere Bestimmung der Species daher unmöglich. Ob die Perithecien auf anderen Nährspecies als Vitis vinifera zur Entwickelung kommen, welche diese und welches ihr Vaterland ist, muss noch untersucht werden.

Von solchen pleomorphen Arten, welche, wie die Uredineen, einen typischen Generationswechsel zeigen, können viele ihren ganzen Entwickelungsgang auf einer einzigen Nährspecies durchlaufen, oder beliebig zwischen einigen Arten von Wirthen wechseln. So läuft z. B. die ganze Entwickelung von Uromyces Phaseolorum auf Phaseolus-Arten ab, die von Ur. appendiculatus auf Vicieen; Puccinia Tragopogonis auf Tragopogon; P. reticulata auf Myrrhis und Chaerophyllum; P. Falcariae auf Falcaria Rivini; Puccinia Violarum auf Viola silvestris und Verwandten u. s. f. Ich nenne solche Parasiten autöcische. Bei andern, die ich heteröcische nenne, ist dagegen, wie von vielen parasitischen Helminthen aus den Ordnungen der Trematoden, Cestoden u. s. f. seit längerer Zeit bekannt ist, der Generationswechsel oder die Metamorphose mit Nothwendigkeit an einen bestimmten Wechsel des Wirthes gebunden. Ich habe eine solche Heteröcie zuerst für Puccinia graminis nachgewiesen, für welche sie, oder doch ihre Folgen, schon seit mehr als 100 Jahren den Landwirthen bekannt war, die trotz des Widerspruches der Botaniker, die Behauptung aufrecht erhielten, Getreide werde in der Nähe von (äcidiumtragenden) Berberitzensträuchern vom Roste, d. h. der Puccinia graminis, befallen. Dieser Parasit zeigt den oben beschriebenen Pleomorphismus und Generationswechsel der Uredineen in seiner reichstgegliederten Form (vergl. pag. 184). Seine Teleutosporen überwintern auf den alten Halmen cultivirter und wildwachsender Gramineen (zumal Triticum repens), die Keimschläuche der im Frühling entwickelten Sporidien dringen in die Epidermiszellen von Berberis vulgaris ein und nur in diese, nie in eine Graspflanze. Sie wachsen in der Berberis rasch zu einem äcidiumbildenden, nie Uredo- oder Teleutosporen erzeugenden Mycelium heran (Aecidium Berberidis Gm.), und die Keimschläuche der Aecidiumsporen entwickeln sich, wenn sie in die Stomata geeigneter Gramineen — und nur dieser — eingetreten sind, zu dem Uredo- und Teleutosporen bildenden Mycelium. Die Keimschläuche der Uredosporen entwickeln sich ihrerseits nur in Gramineen weiter, und zwar auf die für sämmtliche Uredosporen beschriebene Weise.

Andere grasbewohnende Puccinien, deren Entwickelung ich bis jetzt verfolgen konnte, sind in ganz derselben Weise heteröcisch wie Puccinia graminis, nur dass sie ihre Aecidien in anderen dicotylen Gewächsen entwickeln: Pucc. Straminis Fuckel in Borragineen (Anchusa, Lycopsis, — Aecidium Asperifolii P.); Pucc. coronata Corda in Rhamnus Frangula und cathartica (Aec. Rhamni P.) Oersted hat, nach einer kürzlich vertheilten vorläufigen Mittheilung, nachgewiesen, dass Podisoma Juniperi Sabinae eine heteröcische Uredinee ist; die aus ihren (durchaus mit Puccinia conformen) Teleutosporen entwickelten Sporidien dringen in die Blätter der Birnbäume, um hier die als Roestelia cancellata allgemein bekannte Aecidienform auszubilden. Auch für diesen Fall von Heteröcie waren schon vorher durch im Grossen gemachte

Erfahrungen Andeutungen vorhanden (vergleiche Botanische Zeitung 1862, p. 288.)

Wie ich anderwärts ausführlicher angedeutet habe, ist zu erwarten, dass in der Heteröcie der Schlüssel zur Ermittelung vieler gegenwärtig noch räthselhafter Pilzentwickelungen gefunden ist — ein Schlüssel, der freilich vorsichtige Handhabung erfordert.

Schliesslich ist hervorzuheben, dass das Eindringen und die Entwickelung aller bisher näher untersuchten ächten Pflanzenparasiten keineswegs irgend eine Erkrankung oder «krankhafte Prädisposition» ihres Wirthes voraussetzt, was öfters behauptet worden ist, sondern dass dieselben völlig gesunde Pflanzen befallen. Es mag sein, dass Gewächse, zumal Culturpflanzen, in Folge von Ernährungsanomalien die Vegetation des Parasiten mehr fördern, demselben besser zusagen, als in ihrem völlig normalen und gesunden Zustande, allein es liegt kein Grund vor, einen krankhaften Zustand des Wirthes als Bedingung für die Entwickelung des Parasiten anzusehen. In der Regel dürfte im Gegentheil ein Parasit um so besser gedeihen, je besser seine Nährpflanze ernährt ist. Und daran ist kein Zweifel, dass der Tod und die beginnende Fäulniss der Nährpflanze immer den Parasiten tödten und nicht etwa, wie man oft gesagt hat, seine Entwickelung fördern oder gar erst ermöglichen. Behauptungen dieser Art beruhen theils auf der Mangelhaftigkeit früherer Untersuchungen, theils auf Verwechslung ächter Schmarotzer mit den auf bestimmte faulende Pflanzentheile angewiesenen Saprophyten.

Von der Vegetation der thierbewohnenden Parasiten weiss man zur Zeit sehr wenig. Eine ziemliche Anzahl von Pilzen entwickelt ihr Mycelium in dem Körper lebender Gliederthiere, zumal Insecten, auf Kosten der Organe des Thieres und beginnt entweder schon zu Lebzeiten des letzteren die Fruchtträger aus der Körperoberfläche hervorzutreiben, wie bei den im vorigen Jahrhundert berühmten »vegetirenden« Insecten Westindiens (Muscae vegetantes, Guèpes végétantes), oder fructificirt in den meisten Fällen erst nach dem unter eigenthümlichen Symptomen eingetretenen Tode des Thieres (Entomophthora, Botrytis Bassiana, Cordyceps s. Torrubia mit ihren Vorformen, vergl. Seite 175, 197).

Säet man die Sporen von Botrytis Bassiana, dem Muscardinepilz, auf den geeigneten Wirth, d. h. auf die lebende Seidenraupe, und nach Audouin auch andere Raupen (z. B. Papilio Machaon, Bombyx Neustria u. a.) aus, so wird das Thier von der Muscardine befallen, d. h. das Mycelium beginnt in der lebenden Raupe seine Entwickelung, und treibt, nachdem vor oder nach der Einpuppung, oder selbst nach dem Ausschlüpfen aus der Puppe der Tod eingetreten ist, seine zahlreichen schneeweissen Fruchthyphen aus dem mumienartig erstarrenden Körper hervor. Man erhält das gleiche Resultat, wenn die Sporen durch einen kleinen Hautstich eingeimpft oder nur aussen aufgestreut werden. Als jüngstes Entwickelungsstadium des Pilzes findet man einige Zeit vor dem Tode des Thieres zarte cylindrisch-spindelförmige, stumpfe Schläuche in der Blutflüssigkeit schwimmend. Die kleinsten derselben sind etwa $1/_{450}$ Mm. lang, viertels- oder drittels-so breit, alle Uebergänge von ihnen zu grösseren und zu verzweigten septirten Myceliumfäden leicht zu beobachten. Wie sie sich entwickeln und bei blossem Aufstreuen der Sporen in die Körperhöhle gelangen, ist unbekannt. Da die Sporen in feuchter Luft und im Wasser leicht keimen, und nach den für die

endophyten Pilze bekannten Thatsachen ist es wahrscheinlicher, dass die Keimschläuche die Haut durchbohren und im Innern der Leibeshöhle die Schläuche auf irgend eine Weise bilden (abschnüren?), als dass die runden Sporen als solche eindringen, und erst im Innern keimen, wie früher angenommen und von Robin ausführlich erklärt wurde. Dass das ausgebildete Mycelium auf Kosten der Organe des Thieres lebt und diese fast aufzehrt, ist längst bekannt.

Soweit es aus den mitgetheilten Beobachtungen und aus meinen wenigen eigenen Versuchen beurtheilt werden kann, ist kein zwingender Grund vorhanden, anzunehmen, dass die Entwickelung des Muscardinepilzes eine vorherige Erkrankung seines Wirthes nothwendig voraussetzt — eine Annahme, welche Robin für sämmtliche thierbewohnende Schmarotzerpilze aufstellt, und welche zwar nirgends experimentell widerlegt, aber für den vorliegenden und verwandte Fälle ebenso wenig bewiesen und, der Analogie zufolge, unwahrscheinlich ist. Die bekannten Thatsachen gestatten die Annahme, dass Botrytis Bassiana in die gesunde Raupe eindringt und sich in dieser ausbildet. Für die oben genannten übrigen insectenbewohnenden Gattungen, bei denen über das Eindringen noch gar nichts bekannt ist, darf auf Grund der übereinstimmenden späteren Entwickelungserscheinungen ein dem Muscardinepilz ähnliches Verhalten wenigstens vermuthet werden.

Erwähnt muss hier noch werden Lebert's Panhistophyton, Nägeli's Nosema Bombycis, die kleinen länglichen Körperchen, welche bei der gegenwärtig so verheerenden epidemischen Krankheit der Seidenraupe (Gattine, Necrose) in dem kranken Thiere massenhaft gefunden werden. Ueber die Herkunft jener Körperchen, ihre causalen Beziehungen zur Krankheit liegt allerdings noch nichts Sicheres vor; ob sie überhaupt zu den Pilzen gehören, ist zweifelhaft. Leydig hat solche Gebilde auch in andern Insecten und in Daphnien gefunden.

Auf und in dem Körper höherer Thiere kommt eine Anzahl parasitischer Pilze in Begleitung von jeweils besonderen Krankheitssymptomen vor. Sie sind auf dem menschlichen Körper am genauesten untersucht (vergl. Robin's reichhaltiges Sammelwerk oder Küchenmeisters Lehrbuch), die wichtigsten, hier zu erwähnenden: Achorion Schoenleinii Remak, der Pilz des Favus oder der Porrigo lupinosa; Trichophyton tonsurans Malmsten (Pilz der Tinea oder Herpes tonsurans, nach Köbner identisch mit dem Pilze der Sycosis oder Mentagra parasitica, Microsporon Audouini und M. Mentagrophytes Rob.); Microsporon furfur Rob. (Pityriasis versicolor); Oidium albicans Rob., der Pilz des Soor (Mundschwämmchen, Muguet, Stomatitis pseudomembranacea etc.); Chionyphe Carteri Berk.

Die drei erstgenannten Pilze, denen sich andere, in der medicinischen Litteratur beschriebene, vielleicht specifisch verschiedene anschliessen, bewohnen die menschliche Haut bei ihren oben genannten charakteristischen Erkrankungen. Sie wuchern in und unter der Epidermis, in den Haarbälgen und Haaren. Trichophyton tonsurans ist auch auf Rindern, Pferden, Hunden, Kaninchen, Achorion auf der Hausmaus, dem Kaninchen, dem Kopfe des Haushuhns beobachtet worden; Microsporon furfur wurde von Köbner auf Kaninchen mit Erfolg übertragen. Alle drei sind also Parasiten, welche verschiedenerlei Säugethiere und Vögel bewohnen können. Sie lassen sich durch Aussaat ihrer Sporen von einem Individuum auf andere, von Menschen auf Thiere und umgekehrt übertragen,

und mit ihrer Entwickelung tritt die jeweils characteristische Krankheitsform auf. Köbner übertrug alle drei genannten Pilze nebst den betreffenden Erkrankungen der Haut auf sich selbst; schon Remak säete den Favus auf seinem Vorderarm an; nach diesen Versuchen und zahlreichen, damit übereinstimmenden Erfahrungen dürfte es jedenfalls sehr zweifelhaft sein, dass die Vegetation genannter Schmarotzerpilze nicht auf gesunden Individuen stattfindet, und dass sie eine krankhafte Prädisposition ihres Wirthes — oder jede Species eine besondere Prädisposition — als nothwendig voraussetzen. Allerdings mögen Gründe vorliegen, welche dafür sprechen, dass gewisse Prädispositionen des Patienten die Entwickelung der oder eines bestimmten Pilzparasiten wenigstens begünstigen; Gründe, deren Discussion zu sehr auf medicinisches Gebiet führen würde, um hier Platz finden zu können.

Eine Frage, welche hier erörtert werden muss, ist dagegen die, ob die genannten Pilze wirklich besonderen eigentlich parasitischen Species angehören oder nicht. Was man von Organen derselben bis jetzt kennt, sind lediglich Myceliumfäden, deren Zweige sich zu Reihen oder Ketten keimfähiger Sporen abgliedern, etwa wie die Zweige des Myceliums von Mucor Mucedo, aus denen sich die reihenweise verbundenen Brutzellen entwickeln (Seite 179). Eigentliche, die Species characterisirende Fructificationsorgane sind nicht bekannt. Bei der Häufigkeit in Rede stehender Erkrankungen und ihrer Begleiter liegt es daher nahe, die vollständige Fructification letzterer anderwärts, und zwar in bekannten Pilzformen zu suchen. Cultivirt man den vom Thierkörper weggenommenen Parasiten in Wasser, Zuckerlösung u. s. w., so wird die Keimung seiner Sporen beobachtet, und nach kurzer Zeit treten in der Cultur allverbreitete Schimmelformen, wie Penicillium glaucum, Aspergillus glaucus, oder Hefezellen auf; letztere und die Mycelfäden des Penicillium gleichen mehr oder weniger den Sporen und dem Mycelium fraglicher Parasiten; sie stehen mit diesen in unmittelbarer Berührung, so dass es scheint, als entwickelten sie sich, nach Veränderung des Mediums, aus denselben. Daher die vorzugsweise in England vertretene, von Tilbury Fox bis zur Carricatur ausgemalte Ansicht: Achorion, Trichophyton u. s. w. sind weiter nichts als brutzellenbildende Mycelien gewöhnlicher Schimmel- und Fermentpilze, zumal Penicillium, Hormiscium Cerevisiae, entwickelt auf dem zu ihrer Ausbildung irgendwie besonders prädisponirten Thierkörper. Je nach der speciellen Prädisposition des letzteren kann sich derselbe Schimmel entweder zu Achorion oder Trichophyton u. s. w. entwickeln.

Wenn man bedenkt, wie ungemein oft Penicillium und Horm. Cerevisae in den verschiedensten sorgfältigst gehaltenen Pilzculturen auftreten, und zwar nachweislich aus ihren allverbreiteten Keimen entstanden; wenn man ferner im Auge behält, dass ein Fernhalten dieser Keime von den in Rede stehenden Culturobjecten ein Ding der Unmöglichkeit ist; und dass selbst von geübten Mycologen Penicillium-Mycelium mit dem anderer Pilze leicht verwechselt werden kann, Hefezellen mit Sporen; so wird die obige Meinung, in der Form, wie sie bis jetzt von offenbaren Nichtmycologen ausgesprochen wurde, im höchsten Grade zweifelhaft. Dass Aspergillus, Penicillium glaucum und Horm. Cerevisiae selber ganz gewiss keine eigentlichen Fructificationsformen von Pilzspecies sind, kann dabei selbst ganz ausser Acht bleiben. Jedenfalls muss obige Ansicht so lange für unerwiesen gelten, und die fraglichen Pilze für eigentliche specifische Para-

siten, als es nicht experimentell erwiesen ist, dass durch Aussaat von Penicillium, Torula etc. auf geeignete Hautflächen unzweifelhafter Favus, Herpes tonsurans u. s. f. mit den charakteristischen Pilzen, oder aus Aussaat von einem der letzteren ein anderer Hautpilz entsteht. Aussaaten dieser Art, welche in neuester Zeit von Köbner angestellt worden sind, haben, bis jetzt wenigstens, nur negative Resultate ergeben.

Oidium albicans Rob., eine ebenfalls nur im fructificationslosen, Brutzellen oder Conidien bildenden Zustande bekannte Pilzform, entwickelt sich und wuchert in dem Pflasterepithel der Mundhöhle, des Rachens, Oesophagus und Kehldeckels der Soorkranken (meist kleiner Kinder, seltener kachektischer Erwachsener). Ueber sein jedenfalls exceptionelles Vorkommen an anderen Organen scheinen die Pathologen noch nicht einig zu sein. In den weissen Membranen, welche als charakteristisches Symptom auf den erkrankten Organen auftreten, und zwar, nach A. Vogel, in dem zweiten Stadium der Krankheit, ist der Pilz massenhaft vorhanden. Bedingung seines Auftretens ist nach dem genannten Gewährsmann eine vorhergehende entzündliche Affection der Mundschleimhaut, verbunden mit dem Auftreten wenn auch geringer Menge freier Säure auf derselben. Die gesunde Schleimhaut befällt er nach den meisten Autoren nicht; Gubler berichtet jedoch über einige Versuche, bei denen Pilz und Krankheit mit Erfolg auf gesunde Schleimhaut übergesiedelt wurden. Nach Vogel wächst der Pilz auch ausserhalb des Organismus, in nicht alkalischen Flüssigkeiten, wie Zuckerwasser, Brunnenwasser etc. Da solches auch in gewissem Maasse bei ächten Parasiten (Keimschläuche der Uredineen, Peronospora u. s. f.) eintritt, so kann hieraus nicht gefolgert werden, dass O. albicans kein specifischer Parasit sei; vielmehr muss die Entscheidung hierüber ferneren Untersuchungen überlassen bleiben.

Als einer der bemerkenswerthesten Fälle von Vorkommen parasitischer Pilze im lebenden menschlichen Körper ist endlich der von Dr. H. V. Carter und H. J. Carter in Indien beobachtete Pilz zu nennen, der in Form schwarzer, bis halbzollgrosser, aus verflochtenen Hyphen bestehender Massen in den Knochen und tiefer liegenden Weichtheilen des Fusses wächst bei schweren Geschwulstbildungen und Zerstörungen dieser Theile. Eine genauere Beschreibung dieses Pilzes ist wohl von Berkeley zu erwarten, der ihn Chionyphe Carteri genannt hat; über seine Entwickelungs- und Vegetationsbedingungen ist meines Wissens noch nichts Positives bekannt.

Die angegebenen Beispiele genügen, um darzuthun, wie wenig über die Vegetationsbedingungen in Rede stehender Pilze bekannt und wie sehr ein genaueres Studium derselben im Interesse der Mycologie und Pathologie wünschenswerth ist. Für weitere Einzelheiten muss hier auf die medicinische Litteratur verwiesen werden.

Unzweifelhaft ist es auf der anderen Seite, dass in ziemlich zahlreichen Fällen ächte Schimmelpilze, Saprophyten, in und auf lebenden Thieren und Menschen gefunden werden, angesiedelt auf krankhaft veränderten und in Zersetzung begriffenen Organen oder Secreten. So besonders die Aspergilli und verwandte Formen — ihr richtiger Name dürfte wohl meistens Asp. glaucus und Penicillium glaucum lauten — in den Bronchien, Lungen, Luftsäcken von Vögeln, Säugethieren und Menschen, in dem menschlichen äusseren Gehörgange u. s. w. Virchow hat sie schon in der unten zu nennenden schönen Arbeit als secundäre

Ansiedler auf zersetzten Theilen klar bezeichnet. Vom mycologischen Gesichtspuncte aus bedürfen sie allerdings noch genauerer Bearbeitung.

Schliesslich ist hier der Pilze kurz zu gedenken, welche im Innern intacter, angeblich frischer Hühnereier gefunden und solange mit besonderem Interesse betrachtet wurden, als man keine klare Kenntniss davon hatte, dass die Hyphen der Pilze durch Membranen hindurch in geschlossene Höhlungen einzudringen vermögen. Zur Zeit handelt es sich zunächst darum, die in den Eiern gefundenen Pilze genauer zu untersuchen und zu bestimmen, als seither geschehen ist. Erst wenn dieses gethan ist, wird es möglich sein, zu entscheiden, ob es sich hier um specifische Parasiten oder um Schimmel und Saprophyten handelt.

Litteratur.

a) Pflanzenbewohnende Parasiten.

Siehe die oben bei den Uredineen citirten Arbeiten, zumal von

Tulasne, Kühn, de Bary, Hoffmann's Mycol. Bericht. Bot. Ztg. 1865, p. 74.

Kühn, Durieu, über Claviceps. Vergl. Seite 198 und 199.

Oersted, Om Sygdomme hos Planterne. Kjobenhavn 1863.

Oersted, Compt. rend. provisoire de quelques observations sur le Podisoma Sabinae et la Roestelia cancellata.

de Bary, Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit. Leipzig 1861.

Die ältere Litteratur findet sich in den genannten Arbeiten citirt.

Auch die Arbeiten über Chytridium sind hier zu nennen:

Cohn, Unters. über Entw. der mikr. Algen u. Pilze. Nov. Act. Acad. Nat. Cur. 1854.

A. Braun, Ueber Chytridium. Monatsber. Berlin. Acad. 1855 u. 1856. Abhandl. Berl. Acad. 1855.

Cienkowski, Bot. Ztg. 1857, pag. 233.

Schenk, Verhandl. Physik. Med. Ges. Würzburg, T. VIII, IX.

de Bary u. Woronin, Beitr. z. Kenntn. der Chytridieen. Ber. Naturf. Ges. Freiburg. Bd. 3, Heft 2, p. 22.

b) Parasiten des Thierkörpers:

Ch. Robin, Histoire naturelle des végétaux parasites qui croissent sur l'homme et sur les animaux vivants. Paris 1853. (Reiches Sammelwerk; für die ältere Litteratur, die hier nicht aufgezählt wird, zu vergleichen).

Berkeley, On some entomogeneous Sphaeriae. Hooker's Journ. of Bot. Vol. II (1843), p. 205.

Lebert, Cohn, Bail, Fresenius, Ueber Entomophthora (vergl. Seite 175).

Lebert, Ueber einige Krankh. d. Insecten etc. Zeitschr. f. wissens. Zool. IX 1858), p. 439.

Aufzählungen insectenbewohnender Pilze: Bail, Mycol. Studien (N. Act. Natur. Curios), und Kirchner, in d. Zeitschr. Lotos, 1862, p. 73.

Ueber die gegenwärtige Krankh. der Seidenraupe vergl.:

Frey u. Lebert, in Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich 1856.

De Quatrefages, Mémoires de l'Acad. des Sciences. Tom. XXX (1860).

Leydig, in du-Bois-Reymond's u. Reichert's Archiv, 1863, p. 186.

Hoffmann's mycol. Bericht. Bot. Ztg. 1864, p. 30. u. a.

H. Hoffmann, Pilze im Bienenmagen. Hedwigia I, 117,

Keferstein, Paras. Pilze aus Ascaris mystax. Zeitschr. f. wiss. Zool. XI (1861).

Kölliker, Ueber d. ausgebreitete Vorkommen von pflanzl. Parasiten in d. Hartgebilden niederer Thiere. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. X (1859), p. 215.

Remak, Diagnost. u. Pathogen. Untersuchungen. Berlin 1845, p. 193.

Reubold, Beiträge zur Lehre vom Soor. Virchow's Archiv f. pathol. Anat. etc. VII (1854), p. 76.

A. Vogel, Beitr. z. Lehre vom Soor. Zeitschr. f. ration. Med. 2. Folge. Bd. 8 (1857). p. 317.

Gubler, Mucédinée du Muguet. Mém. de l'Acad. de Médecine. XXII (nach Hoffmann's mycolog. Ber. Bot. Ztg. 1864, p. 37).

Küchenmeister, Die in und an d. Körper d. lebenden Menschen vork. Parasiten. II. Lpzg. 1855.

Virchow, Beitr. z. Lehre von den beim Menschen vork. pflanzl. Parasiten. Virchow's Archiv IX (1856), 557.

Fresenius, Beitr. z. Mycol. p. 81.

Cramer, Ueber Sterigmatocystis. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich. 1859 u. 1860.

Köbner, Ueber Sycosis etc. Virch. Arch. Bd. XXII (1861), p. 372.

Köbner, Klinische u. experimentelle Mittheilungen aus d. Dermatologie u. Syphilidologie. Erlangen 1864.

Strube, Exanthemata phyto-parasitica eodemne fungo efficiantur. Diss. inaugur. Berolin. 1863.

J. Lowe, On the identity of Achorion Schönleinii and other veg. parasites with Aspergillus glaucus. Ann. Mag. nat. History 2d. Ser. vol. 20 (1857), p. 152.

W. Tilbury Fox, Skin Diseases of parasitis origin. London 1863.

H. J. Carter, On the so called Fungus-Disease in India etc. Ann. Mag. nat. hist. 1862 (vol. IX), p. 442. Berkeley, über Chionyphe Carteri, Procedings Linn. Soc. 1864 (mir noch nicht näher bekannt).

Hogg, Vegetable Parasites infesting the human Skin. Trans. Micr. Soc. London. Vol. VII (1859), p. 39.

Weitere Litteraturangaben und Details s. in den citirten Schriften, zumal bei Robin, Küchenmeister; und in der Litteratur der Pathol. des Menschen.

Ueber Pilze in Eiern: Mosler, Mycol. Studien am Hühnerei. Virchow's Archiv. Band XXIX (1864). Robin l. c.

2. Assimilation. Ausscheidung.

Von den Besonderheiten, welche der Assimilationsprocess der Pilze, im Vergleich mit dem der grün gefärbten Vegetation darbieten muss, haben wir noch keine nähere Kenntniss.

Was die Ausscheidungen während des Vegetationsprocesses betrifft, so ist, wie längst bekannt, und neuerdings wiederum vielfach bestätigt worden ist (Pasteur, Jodin etc.), mit der Sauerstoffaufnahme aus der Luft Exhalation von Kohlensäure verbunden. Nach A. von Humboldt's Angabe, welche Decandolle und Marcet bestätigten, sollen die Fruchtträger grösserer, sowohl fleischiger als lederartiger Schwämme (im Dunkeln wenig) im Sonnenlichte beträchtliche Mengen von Wasserstoffgas exhaliren. So Agaricus campestris, androsaceus (v. Humboldt, Aphorismen), A. ericeus, deliquescens, physaloides, leucocephalus (Marcet), Xylaria digitata, Bulgaria inquinans (Decandolle, Pflanzenphysiol. p. 460). Der Wasserstoff soll eine beträchtliche Menge — bis 70 Procent des ausgeschiedenen Gasgemisches — ausmachen, von dem nicht angegeben wird, ob es ausser-

dem neben Stickstoff auch Kohlensäure enthielt. Schlossberger und Döpping (vgl. Seite 9) konnten dagegen bei fleischigen Agaricis gar keine Ausscheidung von freiem Wasserstoff finden, jene älteren Angaben sind darum wenigstens noch einmal zu prüfen.

Sehr auffallend ist bei vielen Pilzen die Ausscheidung von Wasser. Von der Exhalation dunstförmigen Wassers ist hier, als von einer allen Landpflanzen zukommenden Erscheinung, nicht die Rede. Viele Pilze scheiden aber, wie zuzumal die neueren Mycologen oft gelegentlich bemerken, Wassertropfen in grosser Quantität aus, sobald sie von einer einigermassen feuchten Atmosphäre umgeben sind. Die Erscheinung findet sich besonders an den jugendlichen, in Ausbildung begriffenen Pilzen und hört auf mit dem Eintritt der Entwickelungshöhe und Reife. Sie zeigt sich sowohl bei freien Pilzfäden (Mucor, Pilobolus u. a.), als bei zusammengesetzten Pilzkörpern (Nyctalis asterophora, Hypochnus, Polypori spec, und vor allem bei den meisten Sclerotien; das Sclerotium von Peziza Sclerotiorum insonderheit ist bis zu seiner Reife meist von grossen Wassertropfen bedeckt). Seltener (Merulius lacrymans P.) tropft von dem reifen Hymenium Wasser ab. Genaue Analysen des ausgeschiedenen Wassers fehlen. Bei Pilobolus zeigen die Tröpfchen saure Reaction (Coemans). An den jungen Sclerotien von Claviceps sind sie von reichlichen Mengen gelösten Zuckers (und Gummi?), die übrigens vielleicht anderen Ursprung haben als das Wasser, nämlich diesem nur von dem Conidienlager her beigemengt werden, klebrig und süss schmeckend.

Die Ursache der Ausscheidung von Wassertropfen scheint, nach dem Verhalten von Pilobolus (vergl. Seite 146) wenigstens in manchen Fällen die gleiche zu sein, wie bei den Blättern phanerogamer Pflanzen; ob überall, ist noch zu untersuchen.

Von der Ausscheidung krystallinischen oxalsauren Kalkes ist in dem histiologischen Theile die Rede gewesen. Es ist leicht nachzuweisen, z. B. bei den sclerotienbildenden Pezizen, dass sie während des Wachsthums des Pilzes geschieht und mit oder schon vor seiner völligen Ausbildung aufhört.

III. Wärme- und Lichtentwickelung.

Es ist von vornherein anzunehmen, dass bei dem Oxydationsprocess der Respiration der Pilze Wärme frei wird. Directe Beobachtungen hierüber sind nur wenige vorhanden: Pasteur erwähnt der Wärmeentwickelung bei der Vegetation von Mycoderma aceti; Dutrochet fand bei 5 Schwämmen aus den Gattungen Agaricus, Boletus und Lycoperdon eine Eigenwärme von 0,10° C. bis 0,45° (Boletus aëneus; vgl. Ann. sc. nat., 2e sér. XIII, p. 84).

Bei einer Anzahl von Pilzen hat man beobachtet, dass sie im Dunkeln ein oft helles phosphorescirendes, weisses, bläuliches oder grünliches Licht verbreiten. Es wird dieses theils von sterilen, wahrscheinlich Hymenomyceten angehörenden Mycelien angegeben, theils beobachtete man es bei den Rhizomorphen (Rh. subterranea und subcorticalis), theils bei den Fruchtträgern von mehreren Agarici: A. olearius DC. aus Südeuropa, A. Gardneri Berk. (Brasilien), A. igneus Rumph (Amboina), A. noctilucens Lév. (Manila) und nicht näher bestimmten, von

Drummond gefundenen, neuholländischen Arten. Ausführliche Angaben, in denen auch die ältere Litteratur citirt wird, finden sich bei Nees von Esenbeck, Nöggerath und Bischoff, Die unterird. Rhizomorphen, in N. Act. Ac. L. C. Nat. Cur. Vol. XI u. XII, 2; Schmitz in Linnaea 1843, p. 523. Tulasne, Ann. sc. nat. 3e Sér. IX, p. 338. Ferner: Hooker's Journ. of Bot. 1840, p. 426. 1842, p. 217. Flora, 1847, p. 756. Berkeley, Introd. to Crypt. Bot., p. 265. Th. Fries, Flora 1859, p. 169 und in den pflanzenphysiol. Lehrbüchern.

Die Phosphorescenz findet bei den Rhizomorphen, wo sie von den fünf erstgenannten Autoren studirt wurde, und bei Ag. olearius, wo sie Tulasne und später Fabre (Cpt. rend. T. 41, p. 1245, Poggendorff's Ann. 1856. Flora 1856, p. 220) genau untersuchten, an dem gesunden lebenden Schwamme statt, nicht an dem absterbenden oder abgestorbenen, wie früher behauptet worden war. Dasselbe gilt für die namhaft gemachten exotischen Agarici. Sie erlischt bei A. olearius, wenn derselbe sein Wachsthum vollendet hat, an dem kräftig wachsenden Fruchtkörper kommt sie an allen Theilen, manchmal auch auf Schnitt- und Bruchflächen vor, am intensivsten an den Lamellen. Bei Rhizomorpha leuchten caeteris paribus die schleimig klebrigen Enden junger Triebe, und die weissen Fadenbüschel, welche dem Hervorbrechen letzterer aus den alten Stämmen vorangehen (Seite 23), am intensivsten. Alte Stämme leuchten oft nicht, oft strichweise, manchmal erscheinen die Stellen derselben, an denen später junge Triebe vorbrechen, als leuchtende Puncte, bevor aussen irgend eine andere Spur von Neubildung wahrnehmbar ist (Schmitz). Sowohl bei Rhizomorpha als bei A. olearius geht das Leuchten continuirlich, ohne Intermission vor sich, kann an einem Exemplare mehrere Tage, resp. Wochen lang zu jeder Zeit beobachtet werden, es ist unabhängig von vorheriger Einwirkung des Sonnenlichts. Bei A. olearius findet es bei jeder Temperatur zwischen 8—10° C. und 50° C. statt, unter genanntem Miminum erlischt es, um bei Temperaturerhöhung wieder aufzutreten, bei Erwärmung über 50° wird es für immer vernichtet. Bei Rhizomorpha wurde das Leuchten zwischen 15° und 31° beobachtet, Maximum und Minimum der Temperatur übrigens nicht genauer bestimmt. Schmitz sah Exemplare, welche bei 17°—18° nicht leuchteten, bei einer Erhöhung der Temperatur auf 25° bis 31° wiederum phosphoresciren. Durch Eintrocknen wird die Fähigkeit zu leuchten bei den Pilzen vernichtet; im Uebrigen ist für A. olearius die Feuchtigkeit der Luft ohne Einfluss (Fabre), Grundbedingung ist in beiden Fällen das Vorhandensein von Sauerstoff; im Wasserstoffgas, Kohlensäure u. s. w., im luftleeren Raume erlischt das Leuchten, wenn es gleich bei Rhizomorpha in einer nur wenige Procent O enthaltenden Luft noch fortdauert. In lufthaltigem Wasser dauert es an, in luftfreiem ausgekochtem nicht. Bischoff und Fabre haben nachgewiesen, dass der leuchtende Pilz Sauerstoff absorbirt und Kohlensäure exhalirt; und zwar entwickelt A. olearius, so lange er leuchtet, eine grössere Menge CO_2 als wenn die Periode der Phosphorescenz vorüber oder letztere durch Temperaturerniedrigung sistirt ist. Die Ursache der Erscheinung ist also ohne Zweifel irgend ein langsamer Verbrennungsprocess. Eine Temperaturerhöhung konnte Fabre nicht finden. Bischoff fand bei Rhizomorpha die Menge der ausgeschiedenen CO_2 etwas geringer als der des aufgenommenen O entspricht.

Im Uebrigen ist die Phosphorescenz besagter Pilze ein phénomène capricieux, wie Tulasne sich ausdrückt; sie wird, ohne nachweisbare Ursache,

bei verschiedenen Individuen in ungleichem Grade gefunden oder auch gänzlich vermisst.

Das phosphorescirende, dem der beschriebenen Pilze ähnliche und unter den gleichen Bedingungen eintretende Leuchten, welches an nassem weissfaulem Laub- und Nadelholze vielfach beobachtet wird, gehört nicht zu den physiologischen Processen. Es ist zwar oft schwer zu entscheiden, ob es von lebenden Pilzen herrührt, wie Manche vermutheten (Röper, in Decandolle's Pflznphys. II, 680. Treviranus Physiol.) oder von der Verbrennung des Holzes selbst, denn die modernden Zellen des letzteren werden oft allenthalben von Pilzfäden durchwuchert und können von diesen nicht getrennt werden. Man findet jedoch in solchen Fällen oft, dass die am meisten pilzführenden Stellen am wenigsten leuchten. Hartig beobachtete aber auch an pilzfreien Stücken faulen Pappelholzes eine lebhafte Phosphorescenz (Bot. Ztg. 1855, p. 148), und ich kann seine Angabe nach Untersuchung eines Stückes von leuchtendem Buchenholz, welches auf weite Strecken keine Spur von Pilzen enthielt, bestätigen.

Ebenso scheint das von Naudin und Tulasne (l. c.) beobachtete Leuchten faulen Laubes, das Leuchten fauler Pilze und thierischer Substanzen, über welches die oben genannten Schriften zu vergleichen sind, lediglich eine Erscheinung des Verwesungsprocesses zu sein.

IV. Wirkungen der Pilze auf ihr Substrat.

Mit dem Vegetationsprocesse der Pilze stehen bestimmte und in vielen Fällen specifische Veränderungen der von ihnen bewohnten Körper in so unmittelbarem Zusammenhange, dass sie für das Verständniss jenes Processes wichtig sind und hier nicht übergangen werden können. Die Untersuchungen über die in Betracht kommenden Fragen finden sich grösstentheils in den Schriften, welche in den früheren Abschnitten dieses Capitels angeführt sind. Von denselben ist selbstverständlich hier nur dasjenige mitzutheilen, was speciell botanisches Interesse hat, ohne auf die vielen sich anknüpfenden chemischen oder practischen Fragen einzugehen.

Von den Pilzen, welche todte organische Körper bewohnen, den Saprophyten, gilt zunächst, dass sie in ihrem Substrat Zersetzungs- und Gährungsprocesse verursachen. Den Pilzen schliessen sich in dieser Beziehung Nägeli's Schizomyceten (Bacterien, Vibrionen u. s. f., vgl. Seite 3) an. Organische Körper, und selbst höchst zersetzbare, wie Eiweiss, Blut, Urin, Milch, eiweisshaltige Zuckerlösung zeigen in reinem Sauerstoff, reiner atmosphärischer Luft und bei einer der Zersetzung günstigen Temperatur (25° bis 30°) nur äusserst langsame Oxydation, wenn sie vor dem Zutritt organischer und speciell pilzlicher Keime geschützt sind; sie bleiben unter diesen Bedingungen selbst (1 — 3) Jahre lang und wohl noch länger »frisch«. (Pasteur, Hoffmann, v. d. Broek in Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. CXV, p. 75.)

Fäulniss tritt dann ein, wenn man, unter den genannten Bedingungen, Substanzen zusetzt, die schon zu faulen begonnen haben, selbst wenn diese frei (?) von lebenden Organismen sind (v. d. Broek). Säet man Pilze, Vibrionen u. s. w. in die zersetzbaren Körper, oder gestattet man den Zutritt jener, indem

man letztere der freien Luft aussetzt, so erfolgt mit der Entwickelung der Pilze sofort rasche und lebhafte Zersetzung (vgl. speciell Pasteur, Cpt. rend. Tom. 56, p. 734.) Dass diese letztere eine Wirkung der Vegetation des Pilzes ist, folgt schon daraus, dass der Pilz aus seinem Substrat bestimmte Elemente oder Stoffe als Nahrung aufnimmt, jenes also zerlegt, und somit jedenfalls den Anstoss zu einer Umsetzung gibt. Der Zersetzungsprocess selbst ist, bei dem nämlichen Substrat, ein verschiedener, je nach dem darauf oder darin vegetirenden Organismus; viele und vielleicht alle Species erregen eine ganz specifische Umsetzung. Die Vorgänge bei der letzteren bedürfen zumeist noch genauerer Untersuchung; doch haben wir, zumal durch Pasteur, bereits eine Reihe vortrefflicher Anhaltspunkte erhalten.

Unter der Einwirkung der Schimmelpilze und wohl der meisten Saprophyten überhaupt tritt an den organischen Körpern beim Luftzutritt Verwesung ein, lebhafte Oxydation, deren Producte Wasser, Kohlensäure, (Ammoniak) und einfachere organische Verbindungen als die ursprünglich vorhandenen sind. Der grösste Theil des vom Pilze occupirten Körpers zerfällt auf diese Weise, während nur eine relativ kleine Menge seiner Substanz von dem Pilze als Nahrung aufgenommen wird. Jodin hat, leider ohne die jeweiligen Schimmelpilze anzugeben, für eine Anzahl Lösungen stickstofffreier organischer Körper (denen die zur Ernährung der Pilze nöthigen Aschenbestandtheile u. s. w. zugesetzt sein müssen), die Menge des Sauerstoffs bestimmt, welcher bei der Oxydation einer bestimmten Quantität des angewendeten Körpers absorbirt wird, sowie die Menge der dabei entstehenden CO_2 und Schimmelpilzsubstanz. 1 Gr. Milchsäure z. B. absorbirte ihm Gr. 0,32 O, unter Production von Gr. 0,55 CO_2 und Gr. 0,08 Pilzsubstanz; Gr. 1 Zucker: Gr. 0,49 O, Gr. 0,71 CO_2, Gr. 0,14 Pilzsubstanz u. s. w. (Cpt. rend. Tom. 58, p. 917.)

Für die in Beziehung auf ihren Vegetationsprocess den Schimmelpilzen an die Seite zu stellenden Mycodermen, Pilzformen, welche, den Hefepilzen ähnlich, aus torulösen, ästigen Reihen kurzer oder gestreckt-cylindrischer Zellen bestehen, und auf der Oberfläche von Wein, Bier etc. (Mycoderma vini, Cerevisiae Persoon, Desmazières) vegetiren, und auf der Essigmischung als Essigmutter, M. aceti; für diese hat Pasteur die Art, wie sie die Oxydation ihres Substrats bewirken, genauer nachgewiesen. Cultivirt man M. aceti auf der Oberfläche einer zu seiner Ernährung geeigneten alkoholhaltigen Flüssigkeit, so wird, unter Vermehrung der Mycoderma-Menge, der Alkohol zu Essigsäure oxydirt. Jede sogenannte Essiggährung, wie sie bei der Fabrication im Grossen auftritt, wird nach Pasteur von der Vegetation des Mycoderma begleitet, resp. verursacht und durch rationelle Cultur des letzteren kann die Fabrication verbessert werden. Experimentirt man mit limitirten, genau bestimmten Luftmengen, so lässt sich nachweisen, dass der Pilz Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und an den Alkohol abgibt. Ist die Vegetation einmal in Gang gebracht, so oxydirt die Essigmutter fortwährend neue Mengen Alkohol zu Essigsäure. Vegetirt M. aceti auf Essig, so oxydirt es die Essigsäure zu Kohlensäure und Wasser; die gleichen Verbrennungsproducte liefert die Vegetation von M. vini, sowohl auf Essig wie verdünntem Alkohol, nur bei besonderem Verfahren gelingt es durch letzteres schwache Essigbildung zu erhalten. Die genannten Wirkungen treten nur ein, so lange Mycoderma auf der Oberfläche der Flüssigkeit vegetirt, also mit dem

Sauerstoff der Luft in Berührung ist. Versenkt man die Haut, welche Myc. auf der Oberfläche der Flüssigkeit bildet, auf den Boden des Gefässes, so steht die Oxydation still, bis eine neue Haut entstanden ist (Cpt. rend. Tom. 54, p. 265, T. 55, p. 28). Nach Blondeau ist die oxydirende Wirkung des M. aceti eine rein physicalische Erscheinung; sie findet nur statt, so lange das M. eine Membran bildet und eine beliebige Membran aus Cellulose u. s. w. thut dieselbe Wirkung (Cpt. rend. T. 57, p. 953). Diese Angabe bedarf noch der Bestätigung. Mag sie nun aber richtig sein, oder die oxydirende Wirkung des Mycoderma in einem physiologischen Processe ihren Grund haben, so geht aus dem Mitgetheilten hervor, dass die auf der Oberfläche todter organischer Körper vegetirenden Pilze die Zersetzung letzterer auf zweierlei Weise bewirken: Einmal, indem sie ihre Nahrung und besonders ihren Kohlenstoff aus denselben beziehen, zweitens, indem sie den atmosphärischen Sauerstoff, der ohne Vermittelung der Pilze nur höchst langsam verändernd einwirkt, in einem (noch näher zu bestimmenden) Zustande auf dieselben übertragen, in welchem er sofort Verbrennung der organischen Substanz bewirkt.

Gleich der einfachen Oxydation zu Essigsäure, Kohlensäure und Wasser u. s. f. werden jedenfalls die meisten Gährungsprocesse organischer Körper durch die Vegetation von Pilzen und anderen niederen Organismen erregt.

Die Alkoholgährung von Zuckerlösungen wurde schon durch Cagniard de Latour und Schwann für eine Wirkung der Vegetation der Hefe-Hormiscien erklärt, eine Ansicht, welche sich in der Folge bei den Chemikern geringer Gunst zu erfreuen hatte (vgl. Traube, Theorie der Fermentwirkungen. 1858. Schlossberger, Org. Chem. 5. Aufl., pag. 96), neuerdings aber durch Hoffmann (Bot. Ztg. 1860) und besonders durch Pasteur's treffliche Arbeiten wieder zu Ehren gebracht wurde. Die lange vorherrschende Meinung, nach welcher die Hefe ein in Zersetzung begriffener Körper ist, der die Gährung dadurch erregt, dass er die molecularen Bewegungen seiner Zersetzung den Zuckermolecülen in der Lösung mittheilt, ist unrichtig. Wenn es auch vielleicht einzelne andere Körper geben sollte, welche als Alkoholfermente wirken können, so ist doch zu der Erregung der gewöhnlichen Alkoholgährung die Einwirkung lebender Hefezellen nothwendig; die Flüssigkeit gährt nicht, wenn letztere ausgeschlossen oder getödtet sind und, die Gährung geschieht unter lebhafter Sprossung und Vermehrung der Hefezellen. Damit eine normale Gährung erfolge, muss die Flüssigkeit neben dem Zucker die zur Vegetation der Hefepilze nöthigen mineralischen und stickstoffhaltigen Substanzen enthalten, letztere in organischen oder anorganischen Verbindungen (Ammoniaksalzen). Die spontan gährenden Fruchtsäfte enthalten diese Stoffe von Haus aus; in nicht spontan gährende Lösungen werden jene Substanzen mit der Hefe gebracht, die man ihnen zum Behuf der Gährung zusetzt; denn die Hefe, wie sie bei der Gährung im Grossen gewonnen wird, besteht theils aus entwickelungsfähigen Hefezellen, theils aus löslichen organischen und mineralischen Stoffen, welche von abgestorbenen alten Hefezellen herstammen. Die Vermehrung der Hefemenge während der Gährung lässt sich in allen Fällen mit der Waage nachweisen; am evidentesten ist sie bei solchen Versuchen, wo einer geeigneten gährungsfähigen Flüssigkeit (z. B. Gr. 10 Rohrzucker, Gr. 0,1 weinsaures Ammoniak, Asche von Gr. 1 Hefe auf Gr. 100 Wasser) ein Minimum frischer Hefe zugesetzt wird. Nach 24—36 Stunden beginnt die Gährung

und schreitet fort unter Trübung der Flüssigkeit durch sprossende Hefezellen und allmählicher Bildung eines aus solchen bestehenden relativ massigen Bodensatzes. Experimentirt man mit minimalen Quantitäten von Hefe und Zuckerlösungen, denen die stickstoffhaltigen und Mineralsubstanzen in Form anorganischer Verbindungen zugesetzt sind, so lässt sich nachweisen, dass der Zucker das Material ist, aus welchem die Hefe die Menge ihrer Cellulose, ihres Fettes vermehrt; der Zucker und die Ammoniaksalze das Material zur Vermehrung der eiweissartigen Hefebestandtheile. Die Menge der während einer Gährung neugebildeten organischen Hefesubstanz, und zwar der unlöslichen sammt den löslichen eiweissartigen Körpern, beträgt bis 1,2 und 1,5 Procent der angewendeten Zuckermenge. Der Rest des Zuckers zerfällt, wie Pasteur ausführlich gezeigt hat, nicht einfach in Kohlensäure und Alkohol, sondern erleidet einen sehr complicirten Umsetzungsprocess, bei welchem 4 — 5 Procent der verhandenen Zuckermenge zur Bildung von Glycerin und Bernsteinsäure verwendet werden.

In welcher Weise die vegetirende Hefe diese Umsetzung des Zuckers anregt, sucht Pasteur durch eine geistvolle Hypothese zu erklären (Cpt. rend. Tom. 52, p. 1260). Frische Hefezellen absorbiren, wie schon Traube zeigte, Sauerstoff. Wird Hefe in eine geeignete gährungsfähige Zuckerlösung gebracht, welche in einem flachen Gefässe dem Sauerstoff der Luft eine grosse Berührungsfläche darbietet, so absorbirt sie viel Sauerstoff, vermehrt sich auffallend stark, erregt aber nur schwache Gährung. Umgekehrt tritt in der nämlichen Zuckerlösung, wenn sie von der Luft abgesperrt und durch Auskochen luftfrei gemacht ist, eine vielleicht hundertmal geringere Vermehrung der Hefe, aber eine höchst energische Fermentwirkung ein; 1 Gewichtstheil Hefe zersetzt 60—100 Zucker, während er bei freiem Luftzutritt 6 — 8 Theile zersetzt, und vielleicht für Alkoholgährung ganz unwirksam gemacht werden kann. Pasteur gründet hierauf die Ansicht, dass die vegetirenden Hefezellen gleich den Schimmelpilzen stets Sauerstoff anziehen und aufnehmen. Finden sie ihn frei, so absorbiren sie ihn begierig unter üppiger Vermehrung; wird ihnen kein freier Sauerstoff geboten, so entziehen sie denselben seinen Verbindungen, speciell der Zuckerlösung, und dieses gibt den Anstoss zur weiteren Umsetzung des Zuckers.

Der Alkoholgährung durchaus ähnlich werden, wie Pasteur gezeigt hat, andere Gährungsprocesse durch die Vegetation von Organismen — mögen dieselben nun den Pilzen oder den Vibrionen, Schizomyceten u. s. w. zuzurechnen sein — erregt. Jede dieser Gährungen hat ihren specifischen Fermentorganismus, dieser seine specifischen Vegetationsbedingungen. Auf die einzelnen Fälle kann hier nicht ausführlicher eingegangen werden; man vergleiche Pasteur, über die Milchsäuregährung, Ann. de Chim. et de Phys. 3e Sér. Tom. 52, p. 404; über die Buttersäuregährung, Cpt. rend. Tom. 52, p. 344; Schleimgährung, ibid.; Gährung der Weinsäure, Cpt. rend. Tom. 46, p. 615, und Tom. 56, p. 461. Ueber die meisten dieser Arbeiten habe ich berichtet in Flora 1863. Hieran schliessen sich Pasteur's Untersuchungen über das Verderben des Weins, welche sechs verschiedene Formen der Verderbniss durch die Thätigkeit von Fermentorganismen erklären (Cpt. rend. Tom. 58, p. 142; eine Arbeit von Balard über denselben Gegenstand, ibid. Tom. 53, p. 1226); die Gährung des Harnstoffs (Pasteur Cpt. rend. T. 58, 142). Eine ganze Reihe kleinerer

Mittheilungen über Ferment- und Schimmelwirkungen finden sich seit 1860 in den Comptes rendus.

Die zersetzende Wirkung der Pilzvegetation erklärt auch das Eindringen der Pilzfäden und Keimschläuche in feste, der optisch nachweisbaren Poren entbehrende Körper, wie Zellenmembranen, Eischalen u. s. f., oder deutet wenigstens den Weg an zu einer vollständigen Erklärung. Zunächst ist hier das Eindringen der Pilzfäden gemeint, welche todte oder absterbende Körper befallen. Vor allen die zum Theil schon von Hartig, Unger (Bot. Zeitung 1847) und neuerdings ausführlich von Schacht (Pringsheim's Jahrb. III, 442) und Wiesner (Sitzungsber. d. Wien. Acad. Bd. 49) beschriebene Erscheinung, dass Pilzfäden in dicke verholzte Zellenmembranen dringen, nicht nur um quer durch dieselben in die Lumina zu gelangen, sondern in der Membran selbst, der Richtung ihrer spiraligen Streifung folgend, sich Wege bahnend, und eigenthümlich gestaltete Gänge, Spalten in dieselbe gleichsam einbohrend, die eine Zeitlang für Structureigenthümlichkeiten der lebenden Membran gehalten worden waren. Ferner die von Schacht (Lehrb. der Anat. I, 160. Monatsber. d. Berl. Acad. 1854) zuerst beschriebene Erscheinung, dass Schimmelfäden (Fusisporium Solani, »Oidium violaceum«) in die Amylonkörner der faulenden Kartoffeln eindringen, Gänge in dieselben einbohren und von diesen aus die Körner mehr und mehr zerstören. Auch das von Kölliker (l. c.) beschriebene verbreitete Vorkommen von Pilzfäden und -Gängen in den Hartgebilden niederer Thiere dürfte vielleicht eher hier als bei den eigentlichen Parasiten zu erwähnen sein.

In wieweit das Eindringen der Keimschläuche von Schmarotzerpilzen ins Innere lebender Zellen auch hierher gehört, mag noch dahingestellt bleiben. Es ist, den beobachteten Erscheinungen nach, möglich, dass sich der Keimschlauch durch die Membran einen Weg bahnt, indem er deren Substanz in der Richtung seines Wachsthums auflöst. Es könnte aber hier auch lediglich ein Eindrängen, ein Zurseiteschieben der Molecüle stattfinden, und hierfür spricht besonders der Umstand, dass die von dem eingedrungenen Schlauche erzeugte enge Oeffnung in der Membran nach vollendetem Eindringen wiederum unkenntlich wird, also geschlossen zu werden scheint — was freilich auch durch eine Regeneration der verlorenen Substanz geschehen könnte.

Für die auf lebende Organismen angewiesenen S c h m a r o t z e r p i l z e geht schon aus dem oben über ihre Vegetationsbedingungen Gesagten hervor, dass sie in den Organen ihres Wirthes, von deren Substanz sie sich ernähren, Störungen der normalen Entwickelung und Function, Krankheit und selbst Tod bewirken müssen. Auch in dieser Beziehung sind die pflanzenbewohnenden Parasiten genauer untersucht, als die thierbewohnenden.

Von jenen ist zunächst bekannt, dass sie an phanerogamen Pflanzen eine Menge von Degenerationen und Krankheiten verschiedenen Grades erzeugen, indem ihre Keime unter günstigen äusseren Bedingungen in den Wirth eindringen und sich in seinem Innern, meist intercellular weiter entwickeln, oder indem sie auf der Oberfläche des Wirthes keimen und wachsen. Eine Menge seit lange bekannter Pflanzenkrankheiten sind solche Producte parasitischer meist endophytischer Pilze, und die characteristischen Symptome derselben häufig nichts weiter als die an bestimmten Orten oder der ganzen Pflanze auftretenden Fortpflanzungsorgane des Schmarotzers. In den Organen und Geweben des Wirthes selbst er-

zeugt der letztere Veränderungen der mannigfaltigsten Art und zwar jede Species specifische Erkrankung. Zuvörderst locale Veränderungen. Häufig beginnen diese mit einer Hypertrophie des befallenen Theiles, abnorm lebhafter Zellvermehrung, in Folge deren ein ganzes Organ monströs gross und dabei oft abnorm gestaltet wird, wie z. B. oft die von Cystopus bewohnten Cruciferenblüthen, die von Exoascus befallenen Früchte der Prunusarten (die Narren, Taschen) u. a. m.; oder einzelne Stellen der Organe Anschwellungen, Auswüchse, Beulen erhalten, wie z. B. die geschwollenen und verkrümmten Cruciferenstengel, die von Cyst. candidus, Prunuszweige, Pfirsichblätter, die von Exoascus bewohnt werden; die Birnbaumblätter an den von Roestelia, die Juniperuszweige an den von Podisoma bewohnten Stellen, die Stengel von Zea Mais an den oft über Faustgrösse aufschwellenden Orten, wo sich Ustilago Maidis zur Fructification anschickt u. s. w. Die hypertrophirten Theile und Excrescenzen bestehen hauptsächlich aus vermehrten, in ihrer Gestalt, Grösse, Structur von den normalen mehr oder minder verschiedenen, von assimilirten Substanzen oft überreich erfüllten Parenchymzellen, zwischen denen das Mycelium des Parasiten verbreitet ist. Hier schliesst sich die enorme Vergrösserung einzelner Epidermiszellen von Taraxacum, Succisa, Anemone an, in deren Innerem Synchytrium und andere Chytridieen sich entwickeln.

In einer zweiten Reihe von Fällen erhält der vom Parasit befallene Pflanzentheil, ohne gerade hypertrophisch zu sein, eine durchaus veränderte Form, wie wenn er einer ganz andern Species, als seiner Nährpflanze angehörte. So die bekannten, meist steril bleibenden Triebe von Euphorbia Cyparissias, E. amygdaloides und anderen Arten, welche den Uromyces scutellatus (Aecidium Euphorbiae Auct.) und Endophyllum Euphorbiae bergen, die Puccinia tragenden Blätter von Anemone nemorosa, und vor allen die unter dem Namen Hexenbesen[1] bekannten, von dem Aecidium elatinum bewohnten Zweige der Weisstanne (Abies pectinata Lam.), welche sich von den horizontalen Aesten des Baumes senkrecht erheben, wie kleine, ihnen aufgepflanzte Bäumchen mit allseitswendigen Aestchen und ebenfalls allseitswendigen gelbgrünen, alljährlich abfallenden Blättern. Die hypertrophirten und umgestalteten Theile sterben früher ab, als die gesunden gleichnamigen derselben Species; solche von ein- und zweijähriger Dauer sobald der Pilz auf oder in ihnen seine Fortpflanzungsorgane gereift hat. Typisch mehrjährige können mit dem alljährlich fruchtbildenden Pilze mehrere Jahre dauern, wie z. B. manchmal die Endophyllum bergenden Rosetten von Sempervivum, und die Hexenbesen, deren ich bis 16jährige beobachtet habe.

Eine dritte Reihe endophyter Parasiten zerstört und verdrängt nur mehr oder minder vollständig die Gewebselemente an den Stellen des Wirthes, wo sie vegetiren oder fructificiren. Mit der Reife des Pilzes ist in jenen Theilen das normale Gewebe, wahrscheinlich in Folge einer Resorption durch den Schmarotzer, bis auf kleine Reste geschwunden, der reife Pilz gleichsam an seine Stelle getreten; oder der Pilz zwischen die der Form nach noch vorhandenen, aber auseinander gedrängten Gewebeelemente des Wirthes eingeschoben, seinerseits

1) Die dichtbuschig verzweigten Aeste von Kirschbäumen, Birken, Rothtannen, welche gleichfalls Hexenbesen genannt werden, sind, soweit ich sie kenne, nicht Producte von Schmarotzerpilzen. Ihre Entstehungsursache ist unbekannt, bei Betula, wie es scheint, eine Milbe.

eine Anschwellung bildend. Die Ustilagineen, zumal die Fruchtknoten- und Antherenbewohnenden, liefern für den ersteren Fall die zahlreichsten und bekanntesten Beispiele. Auch Claviceps schliesst sich hier an. Bei den blüthenbewohnenden Formen ist natürlich Unfruchtbarkeit die Folge dieser Parasitenentwickelung; doch kann, wenn nur die Antheren zerstört sind, durch Befruchtung mit dem Pollen gesunder Blüthen normale Frucht gebildet werden, wie z. B. nicht selten bei Knautia arvensis mit Ustilago flosculorum Tul. Für den zweiten Fall sind unter den Uredineen, und besonders den parasitischen Ascomyceten (Rhytisma, Polystigma u. s. w.) zahlreiche Beispiele zu finden.

In vielen Fällen endlich besteht die locale Wirkung der Parasitenvegetation in einem einfachen — rapiden oder allmählichen — Absterben der vom Mycelium bewohnten Stellen, ohne dass vorher Hypertrophie, Schwund oder Verschiebung der normalen Gewebeelemente in erheblichem Grade vorhanden war. Von Endophyten gehören z. B. viele einjährige Uredineen und Peronosporeen hierher. An den Theilen des Wirthes, wo sie sich angesiedelt haben, scheint das Gewebe zuerst langsam ausgesogen zu werden, an den grünen Organen verschwindet das Chlorophyll mehr und mehr, so dass eine bleiche Färbung den Parasiten verräth, welche sich mit dem Mycelium des letzteren in centrifugaler Richtung verbreitet. Nachdem der Pilz seine Fortpflanzungsorgane gebildet hat, stirbt das befallene Gewebe ab, meist unter Bräunung seiner Zellen und sofortiger Ansiedlung saprophyter Pilzformen.

An den von P. infestans befallenen Blättern der Kartoffelpflanze sterben die vom Pilzmycelium durchwucherten Theile unter intensiver Bräunung ab, sobald die Conidienbildung auf ihnen stattgefunden hat; vorher ist meist keine erhebliche Veränderung an der befallenen Stelle zu bemerken. Der Pilz erzeugt daher auf den Blättern die bekannten, für die »Kartoffelkrankheit« characteristischen, centrifugal wachsenden braunen Flecke. Wo der Pilz in die Knollen des Solanum tuberosum eingedrungen ist, tritt an den von seinem Mycelium berührten Gewebetheilen ebenfalls sofort, und ohne dass der Pilz Sporen bildet, Bräunung und Schrumpfung ein, die sich mit dem Mycelium über das oberflächliche, unter der Schale gelegene Gewebe verbreitet. Später folgt dann das Erscheinen von Saprophyten (Fusisporium Solani Mart., Spicaria Solani Harting und anderen Schimmelpilzen) auf der Oberfläche der verdorbenen Knollen, und Fäulniss des inneren, nicht von dem Parasiten gebräunten Gewebes: Erscheinungen, welche nur secundäre und keineswegs in allen Fällen ausnahmslos eintretende Folgen der Parasitenentwickelung sind, wenn sie auch, des öconomischen Schadens wegen, die grösste practische Bedeutung haben.

Es ist einleuchtend, dass die locale Affection auf den Gesundheitszustand des ganzen befallenen Pflanzenstockes Einfluss haben muss, insofern diesem ein grösserer oder geringerer Theil seiner assimilirten organischen Substanz, seiner Mineralstoffe und seines Wassergehalts durch den Parasiten direct oder durch die in Folge der Parasitenvegetation hypertrophirten Theile entzogen wird; insofern ferner da, wo der Parasit sich ansiedelt, die Tagesrespiration grüner Theile gestört, und da wo er, wie so häufig geschieht, zum Behufe seiner Fruchtbildung die Oberhaut zerreisst oder durchbohrt, die Transpiration alterirt, und zwar wohl in der Regel über das normale Maass erhöht werden muss. Daher sind Ernährungsstörungen verschiedener Art die nothwendige Wirkung, welche die

locale Erkrankung auf das Allgemeinbefinden ausübt. Je nach der Species und je nach der Ueppigkeit, in welcher sich der einzelne Parasit entwickelt, ist der Grad der Allgemeinerkrankung verschieden, vom Unmerklichen bis zur völligen Zerstörung oder Verkümmerung des befallenen Gewächses. Um aus der grossen Menge von Beispielen nur eines herauszugreifen, so sind Puccinia graminis, P. straminis Parasiten von beschränktem Wachsthum; sie gehen nur wenig über die Stelle hinaus, wo sie eingedrungen sind. Findet ihre Vermehrung nur in mässigem Grade statt, so sind sie unschädliche Gäste; bei hochgradiger Vermehrung und Entwickelung können sie dagegen eine totale Verkümmerung und Sterilität der befallenen Pflanzen, bei cultivirten Gräsern, Cerealien eine totale Missernte oder Nichternte verursachen.

Hier schliessen sich auch die Erscheinungen an, welche von den Erysiphe-Arten verursacht werden, den einzigen bis jetzt genau untersuchten Schmarotzerpilzen, welche, soviel man bis jetzt weiss, nur die Oberfläche phanerogamer Pflanzen befallen. Wo das Mycelium des Pilzes vegetirt, erfolgt eine Bräunung und Vertrocknung des befallenen Pflanzentheils, und zwar zunächst nur der Epidermiszellen. Dieselbe geht, wie v. Mohl gezeigt hat, aus von den Puncten, wo sich das Mycelium mit seinen Haustorien (Seite 18) auf der Epidermis befestigt, sie verbreitet sich centrifugal um jeden dieser Ausgangspuncte, und die mit der Anzahl der Haustorien vermehrten gebräunten Stellen fliessen allmählich zu grösseren Flecken zusammen. Bei der Erysiphe der Weintraubenkrankheit (Oidium Tuckeri Berk.) bewirkt diese rein locale Veränderung einen grossartigen Ernteverlust, wenn der Pilz die jungen Beeren befällt, indem die vertrocknete und gebräunte Epidermis dem Wachsthum des Fruchtfleisches nicht folgen kann und daher die ganze Frucht entweder verkümmert oder aufplatzt und dann vertrocknet.

Ein ausführlicheres Eingehen auf die Semiotik und pathologische Anatomie der pflanzlichen Pilzkrankheiten würde hier nicht am Platze sein. Ausführlicheres darüber findet sich in den oben (besonders Seite 226) citirten Schriften, sowie in zahlreichen zerstreuten Mittheilungen Berkeley's im Gardener's Chronicle, die ich nicht sammeln und benutzen konnte. Die angeführten Beispiele beziehen sich, neben einigen besonders namhaft gemachten anderweitigen Einzelfällen, vorzugsweise auf die von Uredineen verursachten Rostkrankheiten der Pflanzen, die Brandkrankheiten (Ustilagineen), den Mehlthau (Erysiphe) und die von Peronosporeen erzeugten Krankheiten, weil diese am genauesten studirt sind. Dass sich alle übrigen ächten Pflanzenparasiten und die dazu gehörenden Krankheiten ähnlich verhalten, lässt sich übrigens nach den vorliegenden Daten mit Bestimmtheit behaupten. Das Gleiche gilt auch von den in Folgendem zu erörternden Sätzen, welche sich zunächst auf meine und Kühn's Untersuchungen an Uredineen, Ustilagineen, Peronosporeen, Claviceps gründen, nach den vorliegenden Thatsachen aber füglich auf alle pflanzenbewohnenden ächten Parasiten bezogen werden können oder müssen.

Die Vegetation der Schmarotzerpilze ist für sich allein die unmittelbare Ursache der Pflanzenkrankheiten, bei denen sie gefunden werden. Aus dem krankhaften Verhalten der von Parasiten befallenen Gewächse hat man vielfach geschlossen, die Erkrankung sei das Primäre, und die Parasiten seien auf der krankhaft veränderten organischen Substanz angesiedelt. Die Unrichtigkeit dieser

Ansicht ist schon oben (Seite 222) hervorgehoben worden; sie stammt aus der Zeit, wo man die Vegetationsbedingungen des Parasiten nicht kannte und mit denen der Saprophyten confundirte. Die eigentliche nächste Ursache der Krankheiten wurde von den Vertretern jener Ansicht theils in äusseren Schädlichkeiten, in ungünstiger Beschaffenheit von Luft und Boden, theils in besonderer Prädisposition der kranken Pflanze gesucht. Wie es sich mit letzterer verhält, ist bereits oben (Seite 222) erörtert worden; eine specifische Prädisposition ist gewiss immer vorhanden, insofern jeder Parasit bestimmte Nährspecies befällt und sich auf der einen oft mehr entwickelt als auf der anderen; ebenso ist wohl anzunehmen, dass von derselben Species verschiedene Varietäten dem Parasiten in verschiedenem Grade zusagen, aber das ist nichts krankhaftes. Die Ansicht, dass die Culturpflanzen eine besondere, durch die Culturmethoden selbst erzeugte Prädisposition für Parasitenkrankheiten besitzen, beruht auf nichts anderem als dem Umstande, dass man die Culturpflanzen mehr beachtet als die wildwachsenden. Letztere werden in der That nicht minder von Schmarotzerpilzen heimgesucht wie jene. Was den Einfluss von Luft- und Bodenbeschaffenheit betrifft, so ist solcher unzweifelhaft in hohem Grade vorhanden, die Versuche zeigen aber, dass seine Bedeutung in nichts anderem, als in der Förderung oder Hemmung der Parasitenentwickelung beruht. Zwischen Parasit und Nährpflanze besteht eine Art Wettkampf und der Ausgang dieses muss von den äusseren Bedingungen insofern abhängig sein, als diese dem Gedeihen beider Theile in verschiedenem Grade zuträglich sein können. Es ist eine ausgemachte Sache, dass die meisten Parasitenkrankheiten, z. B. Rost, Kartoffelkrankheit in nassen Jahrgängen und Lagen am verderblichsten, bei Trockenheit oft unschädlich sind, und einfache Versuche zeigen, dass dies seinen Grund darin hat, dass Feuchtigkeit der umgebenden Medien sowohl die Entwickelung und Fruchtbildung der betreffenden Parasiten, wenn sie einmal eingedrungen sind, als auch die Keimung der Sporen und das Eindringen der Keime, also die Vermehrung des Schmarotzers, in hohem Maasse fördert. Es ist ferner unzweifelhaft, dass die Parasitenkrankheiten um so verderblicher werden, in je früherer Entwickelungsperiode der Nährpflanzen sie beginnen, vorausgesetzt, dass die der Parasitenentwickelung günstigen Bedingungen andauern — eine Erscheinung, deren Erklärung aus dem soeben Gesagten von selber folgt. Es ist ferner durch Versuche leicht nachweisbar und im Grossen nicht selten zu beobachten, dass eine selbst hochgradige Parasitenkrankheit sistirt und in gewissem Sinne geheilt werden kann, wenn (z. B. durch Trockenheit der Luft) Bedingungen hergestellt werden, welche die Vermehrung des Parasiten hemmen ohne die Vegetation der Nährpflanze zu beeinträchtigen.

Die pflanzlichen Parasitenkrankheiten sind ansteckende Krankheiten, und die Ansteckung erfolgt durch die sich vermehrenden und verbreitenden, und in gesunde Individuen eindringenden Keime. Die Beweise hierfür sind in dem über die Entwickelung und die Vegetation der Schmarotzer Gesagten vollständig enthalten. Erscheinungen, welche das Gegentheil zu beweisen und für die individuelle Prädisposition zu sprechen scheinen, finden in der Biologie der Parasiten ihre Erklärung, zumal in der Thatsache, dass manche Keime nur in bestimmte Organe oder in bestimmten Alterszuständen des Wirthes eindringen (Cystopus auf Lepidium, Capsella; Ustilago, Tilletia u. s. f.), in der Heteröcie (Puccinia — Aecidium), in dem Perenniren vieler Mycelien. Man vergleiche hier-

über die früheren Abschnitte und besonders, da hier jeder einzelne Fall seine speciellen Eigenthümlichkeiten hat, die Monographien.

Die Contagiosität erklärt das epidemische Auftreten vieler Parasitenkrankheiten, welche gesellig wachsende Pflanzen befallen. Je rascher sich eine Pilzspecies entwickelt und je weniger ihre eindringenden Keime zwischen den verschiedenen Organen der Nährspecies eine Wahl treffen, desto rascher wird sich die Epidemie ausbreiten und desto vollständiger wird sie alle Individuen befallen. Daher die rapide Ausbreitung der Peronospora-Kartoffelkrankheit, des Rostes der Gräser, der Weintraubenkrankheit.

Wenn sich solche Epidemien vorzugsweise rasch über Culturgewächse ausbreiten, so erklärt sich dies daraus, dass diese in grosser Zahl dicht bei einander zu stehen pflegen, der Parasit daher leicht von einem Individuum aus alle übrigen erreicht. Es beruht auf einem allerdings leicht erklärlichen Irrthum, wenn man die Culturpflanzen allein epidemischen Pilzkrankheiten ausgesetzt glaubt; gesellig wachsende wilde Pflanzen sind es ganz ebenso, z. B. Asperula odorata der Zerstörung durch Peronospora calotheca, Gräser den Rostpilzkrankheiten, und hundert andere.

Es mag übrigens nicht überflüssig sein, zu bemerken, dass man, je mehr für bestimmte Pflanzenkrankheiten die unmittelbare Krankheitsursache in der Pilzvegetation nachgewiesen ist, um so vorsichtiger sein muss in der Beurtheilung solcher von Pilzen begleiteter Krankheiten, über welche noch keine exacten Versuche vorliegen. Jeder Einzelfall bedarf hier besonderer Prüfung.

Auf die Fragen endlich, welche Stoffe nimmt der Pilz aus der Nährpflanze auf, welches sind die chemischen Umsetzungen, die er in ihren Organen erregt, welches die Kräfte, durch die er bis zu gewissem Grade normale Neubildugen, Hypertrophien u. s. w. in den Geweben seines Wirthes verursacht, hat man zur Zeit keine präcise Antwort. Eine genügende allgemeine Erklärung ergibt sich aber von selbst aus den oben beschriebenen Erscheinungen einerseits und andererseits den genauer erforschten Vegetationsprocessen der Saprophyten und ihren Wirkungen auf das Substrat. Von den Zersetzungserscheinungen, die manche Parasiten, wie z. B. Peronospora infestans und Erysiphe (v. Mohl) an ihrem Wirthe erzeugen, ist nachgewiesen, dass sie an den Berührungspuncten des Myceliums mit den Gewebstheilen des Wirthes beginnen, sich aber von diesen aus über die nicht direct berührten Gewebselemente fortpflanzen können.

Von den thierbewohenden Parasiten darf wohl nach den eben mitgetheilten Thatsachen wenigstens eine Anzahl Species als Erreger ebensovieler specifischer Krankheitsprocesse betrachtet werden; so der Muscardinepilz (Botrytis Bassiana), Entomophthora, und wohl noch viele andere Insectenbewohner. So Achorion, Trichophyton tonsurans, Microsporon, deren specifisch krankheitserregende Wirkung allerdings bestritten ist, für welche mir aber Köbner's Ansichten und Versuche besonderes Vertrauen zu verdienen scheinen. Aus den Versuchen mit dem Muscardinepilz, aus Remak's und Anderer, und zumal Köbner's Versuchen geht hervor, dass die betreffenden Krankheiten contagiös sind, und das Contagium aus den entwickelungsfähigen Sporen und Mycelien der Pilze selbst besteht. Epidemien sind bei der Muscardine beobachtet worden.

In diesen Puncten besteht also zwischen den thierischen und pflanzlichen Schmarotzerpilzkrankheiten eine vollständige Uebereinstimmung. Ob jene gleich

den pflanzlichen auch jedes gesunde Individuum der geeigneten Nährspecies erkranken machen können, oder in der That immer eine krankhafte Prädisposition voraussetzen, bedarf noch genauer Prüfung, zu der in den für die pflanzlichen Parasitenkrankheiten dermalen gefundenen Thatsachen vielleicht Anregung und Anhaltspuncte gegeben sind.

Aus den geschilderten Wirkungen der Pilze auf ihr Substrat ergibt sich ihre hohe Bedeutung für den Gesammthaushalt der Natur. Die Saprophyten sind die Erreger und Beförderer der Zersetzung todter organischer Substanz; diese müsste sich, der alleinigen Einwirkung atmosphärischer Agentien überlassen, massenhaft und zum Nachtheil der lebenden Organismen anhäufen, die Pilze beseitigen diese Anhäufung, sie geben den Anstoss zum Zerfallen der todten organischen Körper in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, Verbindungen, in denen die Elemente jener von neuem zu dem Kreislauf des organischen Lebens zurückkehren. Die Pilze arbeiten in dieser Richtung gemeinschaftlich mit den zahlreichen niederen Thieren, welche auf faulende Körper angewiesen sind. Jodin's Angaben, nach welchen manche Pilze den bis auf 6 Procent steigenden Stickstoffgehalt ihrer organischen Substanz in Form von Stickgas aus der Atmosphäre absorbiren, würden für diese Pilze eine weitere wichtige Function im Naturhaushalte ergeben, wenn sie sich bestätigten. Bei der Fäulniss der Pilze selbst nämlich wird aus ihren stickstoffhaltigen Verbindungen Ammoniak gebildet; die Pilze würden daher die Menge der durch die chlorophyllführende Vegetation assimilirbaren Stickstoffverbindungen im Boden vermehren, und zwar das indifferente atmosphärische Stickgas hierzu verwerthen.

Für die ächten Parasiten wurde gezeigt, wie sie einerseits die Ernährung und Entwickelung ihrer Wirthe beeinträchtigen oder einen vorzeitigen Tod dieser verursachen, und wie sie andererseits in dem Maasse überhandnehmen, als mit der Vermehrung und Geselligkeit ihrer Wirthe die Zahl ihrer Ansiedelungs- und Angriffspuncte wächst. Vom teleologischen Gesichtspuncte aus sind sie daher, gemeinschaftlich mit den auf lebende Organismen angewiesenen Thieren, als Regulatoren für das Ueberhandnehmen der besonders fruchtbaren und geselligen Arten höherer Organismen zu bezeichnen. Beide, die Saprophyten wie die Schmarotzer, sind durch ihre Artenzahl, Fruchtbarkeit und die Leichtigkeit, mit der ihre vielerlei Keime verbreitet werden, geeignet, eine mächtige Wirkung in den bezeichneten Richtungen auszuüben.

II.

Flechten.

Capitel 8.

Der Thallus der Flechten.

Der Körper der Flechten besteht im ausgebildeten Zustande aus einem meist stattlich entwickelten Vegetationsorgane, Thallus, Flechtenlager (Blastema Wallroth), welches Fructificationsorgane — meist in reichlicher Menge — trägt, die denen der Ascomyceten genau entsprechen: Apothecien, d. h. Sporenlager mit Ascis, Spermogonien, und in einzelnen Fällen auch Pycniden.

Von dem Thallus, der hier zuerst besprochen werden soll, unterscheidet man der äusseren Gestalt nach drei, übrigens gar nicht scharf gesonderte Hauptformen: den strauchartigen (Th. fruticulosus, filamentosus, thamnodes) aus schmaler Basis von dem Substrat sich erhebend, einfach oder meist strauchähnlich verästelt; den laubartigen (Th. foliaceus, frondosus, placodes), von der Form eines flachen, blattartigen, meist gelappten und krausen Körpers, über die Oberfläche des Substrats ausgebreitet, diesem aber nur an einer oder an zerstreuten Stellen angewachsen, daher mit geringer Verletzung abtrennbar; und den krustenartigen (Th. crustaceus, l.podes), über das Substrat flach ausgebreitet, und diesem mit der ganzen Unterfläche überall fest aufgewachsen, als eine unverletzt nicht trennbare Kruste. Eigenthümlich verhalten sich die Genera Cladonia und Stereocaulon, bei denen sich von schuppenförmigen oder körnigen, laubartigen Körpern (dem Thallus oder Protothallus der Lichenographen), strauchartige Bildungen (Podetien) erheben.

Der Bau des Flechtenthallus stimmt mit dem der Pilze darin überein, dass derselbe meistens der Hauptmasse nach aus gesetzmässig verbundenen und verflochtenen ästigen Zellreihen mit farblosem Inhalte, Hyphen, Fäden, Fasern, gebildet wird, von denen jede einzelne wie dort ein bis zu gewissem Grade selbständiges Wachsthum besitzt. Wie bei den Pilzen bilden dieselben miteinander entweder ein deutliches Fasergeflecht oder ein Pseudoparenchym, in dem auf Seite 2 bezeichneten Sinne des Wortes. Schon Schleiden (Grundz. II.) und Schacht (Pflanzenzelle) haben dieses angedeutet, Speerschneider und vor allen Schwendener haben es bestimmt nachgewiesen.

Zu den Hyphen kommt in dem Flechtenthallus eine zweite Art von Form-

elementen: runde oder längliche, grün oder blaugrün gefärbte Zellen, von welchen zwar für viele Fälle erwiesen ist, dass sie ursprünglich von den Hyphen erzeugt werden, welche aber später zwischen diesen eine bis zu gewissem Grade selbständige Entwickelung und eigenartige Vermehrung, meist mit Theilung nach drei Raumdimensionen zeigen. Seit Wallroth sind diese Zellen unter dem Namen Gonidien bekannt, einem Ausdrucke, welcher, insofern er wörtlich und der Meinung seines Urhebers entsprechend, Brutzellen, also Fortpflanzungsorgane bedeutet, allerdings unglücklich gewählt ist. Stizenberger (Flora 1861, p. 216) hat daher vorgeschlagen, die erwähnten Zellen Farbzellen, Chromidien, zu nennen und den Ausdruck Gonidien für erwiesene Reproductionszellen der Thallophyten zu reserviren. Er ist nun aber zur Bezeichnung solcher dermalen weder nothwendig noch selbst zweckmässig, denn die Organe der Algen, für welche ihn A. Braun eine Zeitlang passend gebrauchte, sind jetzt Sporen zu nennen und seine frühere Anwendung durch Kützing ist längst aufgegeben. Er fällt somit den Flechtengonidien wieder allein zu und ist so allgemein eingebürgert, dass er zweckmässiger Weise beibehalten wird.

Seit Wallroth unterscheidet man zwei Hauptformen des Baues des Thallus: den heteromeren oder geschichteten und den homöomeren oder ungeschichteten. Jener ist den »ächten Lichenen« (Lichenes Fr., Lichenaceae Nylander, Gnesiolichenes Massalongo) eigen, letzterer den Phycolichenes Massalongo's (Collemaceae Nyl., Byssaceae Fr.). Nach den vorliegenden Untersuchungen unterscheide ich in Folgendem drei Structurtypen: 1) den geschichteten, heteromeren Thallus; 2) den Thallus der Graphideen; 3) den der Gallertflechten und reihe diesen 4) einige keinem dieser Typen angehörende Formen als anomale an. Diese Unterscheidung ist nur ein Nothbehelf; viele Formen, wie die meisten Verrucarieen, der körnig-krustige Thallus der Calycieen, vieler erdbewohnender Lichenen (Biatorae spec. Baeomyces u. s. f.) mussten bei derselben unberücksichtigt bleiben, weil es an brauchbaren Untersuchungen über dieselben noch fehlt. Im Uebrigen gründet sich die folgende Darstellung soweit als möglich auf die gründlichen Untersuchungen Schwendener's, von denen nur das eine zu bedauern ist, dass sie blos soweit sie den laub- und strauchartigen heteromeren Thallus betreffen ausführlich veröffentlicht sind. Für viele Einzelheiten, auf welche hier nicht eingegangen werden kann, sei ein- für allemal auf diese Arbeiten verwiesen.

I. Geschichteter, heteromerer Thallus.

1. Strauch- und laubartige Formen.

a. Bau. Ein Durchschnitt durch den Thallus (Fig. 83, 84) zeigt fast immer zwei Haupt-Gewebelagen: eine relativ dünne (durchschnittlich etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{20}$ Mm. mächtige), meist durchscheinende, dichte peripherische — Rinde, Rindenschicht (Stratum corticale) und ein von dieser umgebenes, meist lockeres, überall mit lufthaltigen Lücken versehenes Fasergeflecht — Mark, Markschicht (Stratum medullare). Die Fasern des Markes setzen sich continuirlich in die Elemente der Rinde fort, beide sind Verzweigungen der nämlichen Hyphen.

An der Grenze von Mark und Rinde liegen in fast allen Fällen die Gonidien. Sie bilden mit einander eine grüne Zone von verschiedener Mächtigkeit, an verschiedenen Puncten verschieden weit in das Mark einspringend, überall von einzelnen zur Rinde laufenden Fasern des letzteren durchsetzt, manchmal stellenweise grössere Unterbrechungen zeigend. Dies die gewöhnlich als dritte Gewebschicht bezeichnete Gonidien-, gonimische, Gonimonschichte (Stratum Gonimon), besser als Gonidienzone zu bezeichnen. Einzelne Gonidien oder Gonidiengruppen finden sich ausserdem oft durch das Mark zerstreut (z. B. Solorina, Placodium), oder (Bryopogon) die ganze Menge der Gonidien ziemlich gleichförmig in dem Marke vertheilt.

Die strauchartigen Lager einer Anzahl Genera, zumal die cylindrischen, sind

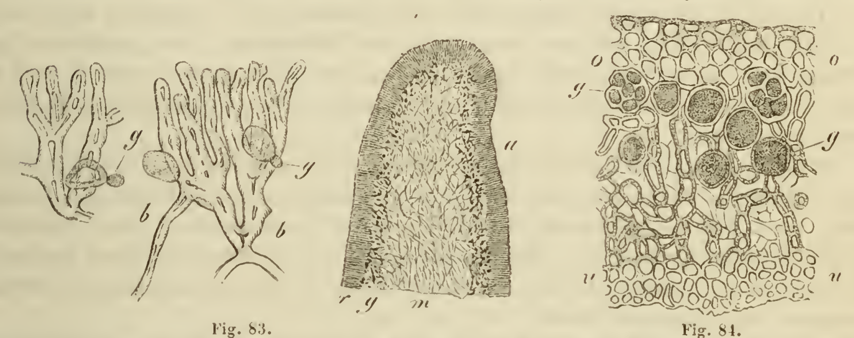


Fig. 83. Fig. 84.

ringsum gleichartig berindet (Usnea, Bryopogon, Roccella, Fig. 83, Sphaerophoron u. A.). Bei vielen strauchartigen mit flachem Thallus (z. B. Everniae, Cetrariae Spec.) und den meisten laubartigen Formen ist die Rinde der dem Lichte zugewendeten oder oberen Fläche von der der unteren Fläche verschieden (Fig. 84) und bei Hagenia, Peltigera, Solorina, und den laubartigen Thallustheilen der Cladonien ist nur die Oberseite bis über den Rand hinaus berindet, die Unterfläche rindenlos.

Wo die bezeichnete Verschiedenheit beider Flächen besteht, ist die Gonidienzone (von den zerstreuten Gonidien abgesehen) nur auf der Lichtseite vorhanden. Selbst bei dem fast cylindrischen und ringsum gleichförmig berindeten Thallus von Sphaerophoron ist sie auf der Lichtseite oft stärker entwickelt als auf der unteren. Die Podetien von Cladonia sind in der Jugend immer, bei manchen Arten zeitlebens unberindet (Cl. rangiferina z. B.), ihre Oberfläche wird von einem lockern, gonidienführenden Fasergeflechte gebildet. Die meisten Species sind von warzenförmigen Rindenschüppchen theilweise bedeckt, einige vollständig berindet (Cl. furcata).

Die Befestigung der in Rede stehenden Thallusformen an das Substrat geschieht durch haar- oder borstenförmige Haftfasern, Rhizinen, oder Wurzelhaare, in dem bei den Pilzen gebrauchten Sinne des Wortes, Organe, welche oft mit

Fig. 83. Roccella fuciformis Ach. *a* radialer Längsschnitt durch die Thallusspitze. *r* Rinde, *g* Gonidienzone (durch die Punctirung angezeigt), *m* Mark. Umriss 90mal vergr. Ausführung nach stärkerer Vergr., daher etwas schematisirt. — *b* Rindenhyphen nach Entfernung der Incrustationen durch Ammoniak, 390fach vergr. *g* Anhaftende Gonidien.

Fig. 84. Physcia parietina Kbr. Durchschnitt durch den jungen Thallus, 500mal vergr.; nach Schwendener copirt. *o* obere, *u* untere Rindenschicht, *g* Gonidien.

dem Namen Hypothallus,[1]) von Schwendener als hypothallinische Anhangsgebilde bezeichnet werden.

Was die feinere Structur der bezeichneten Theile des Thallus anlangt, so besteht das Mark der Regel nach aus ungefähr cylindrischen, schlanken, verästelten Hyphen, Zellreihen, deren Glieder im erwachsenen Zustande durchschnittlich 8 bis 10 bis 50mal länger als breit werden, wobei jedoch kürzere Zellen immer auch vorkommen (s. auch Fig. 84). Beispielsweise beträgt nach Schwendener's Messungen bei Usnea barbata die Dicke der Markfasern durchschnittlich $\frac{1}{250}$ Mm., die Länge ihrer Zellen $\frac{1}{33}$ Mm. bis $\frac{1}{25}$ Mm. bis $\frac{1}{5}$ Mm. Kurze, fast isodiametrische rundliche Glieder, manchmal ein Pseudoparenchym darstellend, finden sich an den Markfasern des (streng genommen krustenförmigen) Thallus von Endopyrenium und Catopyrenium. Die Membran der Fasern ist in der Regel dick, farblos, ohne deutliche Schichtung; bei stärkerer Verdickung lässt sie wenigstens eine mittlere weichere von einer äusseren und inneren dichteren Schicht unterscheiden. Der Inhalt ist an der intacten Zelle blass, schwach körnig.

Je nach dem Einzelfall divergiren die Aeste in spitzen oder stumpfen Winkeln. Hförmige Verbindungen und selbst Schlingen und netzförmige Anastomosen zwischen benachbarten Aesten sind von Schwendener öfters gefunden worden (Usnea, Bryopogon). Die Verbindungsäste wachsen mit ihren Enden an die betreffenden Fäden nur fest an, ohne dass die Zellenwand an der Berührungsstelle durchbrochen wird.

In der Regel ist die ganze Markmasse ein lockeres Geflecht mit lufthaltigen Interstitien, wie oben schon erwähnt wurde. Ihre Hyphen sind dabei im erwachsenen Zustande entweder ganz ordnungslos verflochten (z. B. Sphaerophoron, Roccella) oder zeigen einen auf radialen Durchschnitten erkennbaren, von der Basis resp. Mitte des Thallus centrifugal ausgehenden Faserzug wenigstens vorherrschend, wenngleich immer eine Anzahl von Fasern regellos zwischen die anderen eingeflochten ist. Bei Cladonia und Thamnolia ist die Faserung fast ausschliesslich longitudinal, das Mark bildet einen dünnen, hohlen Cylinder, dessen innere an die Höhlung grenzende Hyphen fast lückenlos verbunden sind.

Usnea verhält sich insofern eigenthümlich, als hier ein solider axiler, aus lückenlos verbundenen longitudinalen Fäden bestehender Markstrang die Mitte des Thallus durchzieht. Seine Hyphen entsenden an der Peripherie zahlreiche Aeste, welche in die Rinde laufen und zwischen dieser und dem axilen Strange ein lockeres lufthaltiges Geflecht bilden (vergl. Fig. 85). Evernia vulpina, E. flavicans zeigen innerhalb des lufthaltigen Markgeflechtes longitudinale interstitienlose Stränge, deren Zahl (1 bis 10 und 12), Form und Gruppirung mit der Höhe wechseln und welche in der Nähe der Basis zu einem dicken, fast den ganzen von der Rinde umschlossenen Raum ausfüllenden Strange verschmelzen. Aehnliche Verhältnisse finden sich bei Ramalina.

Es bedarf wohl kaum einer besonderen Bemerkung, dass die Spiralgefässe, welche Jones und Archer in braunen Flecken der Evernia prunastri

---

1) Unter diesem Namen werden vielfach ganz heterogene Theile zusammengeworfen. Aus diesem Grunde, und weil ganz überflüssig, ist derselbe zu vermeiden, was schon Schärer gethan hat.

gefunden haben, keine Organe dieser Flechte sind. Sie stammen der Abbildung nach offenbar aus dem Adernetze eines Dicotyledonenblattes und müssen auf gewaltsame Weise von aussen in den Flechtenkörper gelangt sein. (Dublin quart. Journ. of Sc. Nr. XVII, p. 91.)

Die Hyphen und Hyphenzweige, welche die Rindenschicht zusammensetzen, sind, mit Ausnahme von Roccella-Arten, lückenlos mit einander verbunden. Speerschneider's gegentheilige Angaben für Usnea, Imbricaria Acetabulum, Ramalina haben ihren Grund darin, dass er theils nur die Zellenlumina für die Fasern und die festverbundenen Membranen derselben für Interstitien, theils umgekehrt die Zellwände für anastomosirende Fasern und die Lumina für Lücken im Geflechte genommen hat. Die verzweigten Hyphen der Rinde sind entweder deutlich als solche erkennbar, die Lumina ihrer Gliederzellen wenigstens deutlich gestreckt-cylindrisch, wenn auch ihre Länge geringer als die der Markzellen ist (Fig. 83); oder aus kurzen, isodiametrischen, gerundet prismatischen Zellen zusammengesetzt, wodurch die Rinde eine oft sehr regelmässige und zierliche Pseudoparenchymstructur erhält (z. Parmelia, Physcia, Fig. 84, Endocarpon, Sticta, Peltigera). Nur die langgestreckten Rindenfasern von Bryopogon und Hagenia ciliaris zeigen auch im erwachsenen Thallus einen ziemlich genau longitudinalen Verlauf. In allen übrigen Fällen bilden die Fasern entweder ein nach allen Seiten hin unregelmässig verflochtenes Fadengeflecht oder Pseudoparenchym; oder sie sind ziemlich genau senkrecht zur Oberfläche gerichtet, wie z. B. die pseudoparenchymatischen Zellenreihen von Endocarpon, Peltigera und am exquisitesten die büschelig verzweigten Rindenfasern von Roccella, bei denen auch die seitliche Vereinigung eine ziemlich lockere und die Enden frei sind. Zumal bei R. fuciformis lassen sich auf dünnen Schnitten die einzelnen verzweigten Fasern ganz gesondert erkennen und durch Druck leicht isoliren (Fig. 83).

Die Dicke der Membran, die Weite der Lumina und das gegenseitige Verhältniss beider ist je nach Gattungen und Arten höchst mannigfaltig; die Einzelheiten vergleiche man bei Schwendener. Zumal bei langgliederigen Rindenhyphen (Usnea, Bryopogon, Sphaerophoron etc.) sind die Zellwände oft ungemein dick und bei ihrer innigen Verbindung mit einander einer homogenen Masse gleichsehend, in welcher die Lumina als enge Canäle verlaufen. An dünnen Schnitten, zumal nach Einwirkung verdünnter Kali- oder Ammoniaklösung lässt sich jedoch jene homogene Masse als aus einzelnen dicken, undeutlich geschichteten Membranen bestehend, erkennen. Die Structur dieser Corticalschichten hat viele Aehnlichkeit mit der der Sclerotien der Typen *a* und *f* (Seite 33).

Die Differenzen zwischen Rinde der Ober- und Unterseite betreffen die Dicke der Schicht, Grösse, Anordnung der Zellen, Färbung u. s. w. (vgl. z. B. Fig. 84).

Die Rindenoberfläche ist in manchen Fällen (z. B. Oberseite von Hagenia ciliaris, Peltigera malacea, auch P. canina in der Jugend, Unterseite von Sticta, Nephroma) fein filzig behaart durch einzelne hervortretende Hyphenästchen.

Unter den warzenförmigen Prominenzen, welche auf der Oberfläche mancher Lichenen vorkommen, sind die der Peltigera aphthosa, die kleineren von Usnea Verdickungen oder Wucherungen der Rinde; die grösseren bei letztgenannter Gattung, die Warzen und Schüppchen der Evernia furfuracea sind im fertigen Zustande gleichsam Ausstülpungen des Thallus, innerhalb der Rinde

Gonidien und ein lufthaltiges, mit dem übrigen zusammenhängendes Mark umschliessend. Die schwärzlichen verzweigten Wucherungen auf der Oberseite von Sticta fuliginosa und Umbilicaria pustulata bestehen aus einem dichten gonidienführenden Fasergeflechte, umgeben von einer einschichtigen pseudoparenchymatischen braunhäutigen Rinde.

Die borsten- oder dornähnlichen Wimpern bei Gyrophora, Hagenia, Cetraria u. a. sind Prominenzen der Rinde allein, interstitienlos, mit unregelmässigem oder vorherrschend longitudinalem (Hagenia) Faserverlaufe. An diese, speciell an die von Hagenia schliessen sich unmittelbar an die Haftfasern, Rhizinen, welche der Unterfläche des ringsum berindeten laubartigen Thallus entsprossen und diesen befestigen, indem sie sich dem Substrat anlegen oder in dasselbe eindringen (Parmelia, Imbricaria, Physcia u. s. w.). Der Thallus von Peltigera und Solorina ist unterseits rindenlos oder (Solorina) nur unter den Apothecien berindet, dagegen mit einem Netz anastomosirender Adern versehen, welche einfach Vorsprünge des lufthaltigen Markes sind. Von diesen entspringen die zahlreichen, gleichfalls locker verfilzten, lufthaltigen, gegen das Substrat gerichteten Haftfasern (Rhizinae stuppeae).

Die Befestigung des strauchartigen Thallus geschieht bei Hagenia ciliaris durch einzelne, dem Substrat sich anschmiegende, also als Rhizinen fungirende, marginale Wimpern. Andere strauchartige Flechten (wenigstens Usnea, Ramalina, Evernia vulpina, Cladonia) sind befestigt durch dichte, in das Substrat dringende oder eingekeilte (daher die Benennung Nagel, Gomphus Wallr.) Faserbündel, welche aus der unberindeten Basis direct vom Marke entspringen. Aehnlich scheint der Thallus von Sticta (St. pulmonaria) in seiner Mitte befestigt zu sein, was übrigens, gleich der Befestigung der meisten strauchartigen Formen, der Gyrophoren u. s. w., noch genauerer Untersuchung bedarf.

Eigenthümliche Unterbrechungen der Rinde sind der Unterseite des Thallus von Sticta eigen. Sie stellen entweder grössere, flache, wenig scharf umschriebene Flecke dar (z. B. St. pulmonaria) oder circumscripte Grübchen, deren Boden von dem blossgelegten Marke gebildet, deren Rand von der nach aussen gewölbten Rinde umgeben wird. Die Grübchen entstehen nach Schwendener, indem die Rinde durch eine Wucherung des Markes erst warzenförmig nach aussen vorgetrieben wird und dann in der Vortreibung zu wachsen aufhört, während die Flächenvergrösserung des Thallus im Umkreise derselben fortdauert. Bei manchen Arten (St. macrophylla) geht der Unterbrechung der Rinde die Bildung eines Hohlraumes in der Markwucherung voraus. Die Grübchen werden Cyphellen genannt; die ältere Ansicht, nach welcher sie Brutbecherchen (Behälter von Soredien) sein sollen, ist unbegründet, oder höchstens für gewisse Arten (St. aurata) richtig (Schwendener).

Die speciellere Betrachtung der Gonidien, welche hier am Platze wäre, findet zweckmässiger Weise am Schlusse des vom heteromeren Thallus handelnden Abschnittes I. statt.

b. Das Wachsthum des strauch- und laubartigen Thallus gliedert sich in die Grössenzunahme durch Spitzenwachsthum der Hyphen, welche in dem Scheitel des strauchartigen, in dem Rande des laubartigen Thallus endigen (Marginal- resp. Spitzenwachsthum), und die Grössenzunahme der hinter

Rand oder Spitze gelegenen Theile (intercalares Wachsthum); bei letzterem ist wiederum zwischen Dicken- und Flächenwachsthum zu unterscheiden.

Spitzen- und Marginalwachsthum. Bei einigen strauchartigen Formen, nämlich Usnea, Cornicularia tristis Web., Bryopogon, ist das wachsende Thallusende ein Bündel ästiger, paralleler, oben kuppelförmig zusammenneigender, lückenlos vereinigter Hyphen (Fig. 85). Sowohl in der Scheitelzelle als in den oberen Gliederzellen einer jeden dieser finden, wie Messungen ergeben, wiederholte Theilungen durch Querwände statt; jene bedingen das eigentliche Spitzenwachsthum, letztere beginnen das intercalare. Nahe unterhalb der Spitze beginnt die Bildung der Gonidien und hiermit die Differenzirung des homogenen Bündels in Mark oder Rinde.

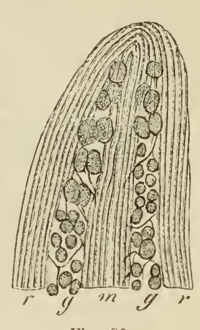
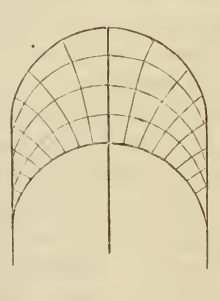


Fig. 85.

Fast alle andern hierher gehörenden Formen zeigen eine von der parallelfaserigen verschiedene Anordnung der in Spitze oder Rand verlaufenden Hyphen. Dieselbe dürfte vielleicht am passendsten als die symmetrisch-divergirende bezeichnet werden. Auf dem radialen Längsschnitt (vgl. Fig. 83, 86) erscheint das Ende etwas halbkreisförmig abgerundet, die Fasern der Mittellinie verlaufen senkrecht in den Scheitel, die übrigen divergiren symmetrisch zu beiden Seiten der Mittellinie in nach oben convexen, die Oberfläche nahezu rechtwinkelig treffenden Curven. Die Mittellinie des radialen Längsschnitts entspricht bei dem strauchartigen Thallus der Längsachse, bei dem laubartigen der (zur Oberfläche parallelen) Mittelebene. Die Divergenz von der Mittellinie nimmt nach unten derart zu, dass die Fasern unterhalb der Endabrundung sowohl zur Mittellinie als zur Oberfläche annähernd senkrecht gestellt sind.

Während das Ende des Thallus vorrückt, bleibt der Verlauf seiner Fasern immer der gleiche. Nimmt man an, dass das Vorrücken zunächst durch Spitzenwachsthum der divergirenden Hyphen geschieht und dass die Krümmung des Endes dabei unverändert bleibt, z. B. halbkreisförmig, so beschreibt jede Hyphe während ihres Wachsthums eine Curve, welche den vorrückenden Halbkreis in allen Lagen, oder das ganze System von Halbkreisen, die den Durchschnitt des vorrückenden Endes umschreiben, rechtwinkelig schneidet. Eine solche Curve heisst eine orthogonale Trajectorie, Schwendener nennt daher den in Rede stehenden Typus der Thallusenden den orthogonal-trajectorischen.


Fig. 86.

Bei dem beschriebenen Verlaufe müssten sich die Hyphen des Endes, wenn sie einfach in die Länge wüchsen, von einander entfernen, und zwar, wie ein Blick auf die Figur 86 zeigt, um so mehr, je näher sie der Mittellinie liegen. Die

Fig. 85. *Usnea barbata.* Längsschnitt durch die Mitte der Thallusspitze, nach Einwirkung von Kali, 515 mal vergr., nach Schwendener. *r* Rinde, *m* axiler Markstrang, *g* Gonidienzone und lockeres peripherisches Markgeflecht.

Verbindung der Hyphen in dem wachsenden Ende ist aber immer lückenlos; es muss daher eine stete Einschiebung neuer Aeste stattfinden. Nicht nur durch ihre lückenlose Verbindung, sondern auch durch ihre Gestalt, Structur und Farbe gleichen die Hyphenendigungen, von denen die Rede ist, vollkommen jungen Rindenfasern. Auf radialen Längsschnitten durch die Spitze erscheint der Thallus ringsum berindet, die Rinde im Scheitel nur zartzelliger als unterhalb derselben — im Gegensatze zu dem ersten, parallelfaserigen Typus, wo, wenigstens bei Usnea und Cornicularia, die Structur des Scheitels von der der älteren Theile ganz verschieden ist. Es erwächst hieraus eine nicht zu beseitigende Schwierigkeit für die Bestimmung, wieviel von der Vorschiebung des Thallusrandes auf Rechnung des Spitzenwachsthums der marginalen Hyphenenden kommt, oder eines andern Factors, nämlich des Flächenwachsthums der innerhalb und unterhalb des Scheitels gelegenen Rinde durch Einschiebung neuer Hyphenverästelungen. Dass letztere überhaupt stattfindet, wurde schon oben gesagt. — Dicht hinter oder selbst unmittelbar unter dem Scheitel beginnt auch hier die Bildung der Gonidien.

Der in Rede stehende Bau und Wachsthumsvorgang des Thallusendes kommt den strauchartigen Flechten, mit Ausnahme der drei genannten Genera, und den meisten laubartigen zu, manchen fast genau nach dem Schema, z. B. Roccella, Thamnolia, auch Lichina, Placodium cartilagineum (Schwendener l. c.); anderen mit Modificationen, welche durch die von der Halbkreisform mehr abweichende Gestalt des Enddurchschnitts und durch Schlängelung und Verflechtung der Hyphen bedingt sind.

An den symmetrisch-divergirenden oder orthogonal trajectorischen Structur- und Wachsthumstypus schliesst sich ein dritter an, den man den unsymmetrisch-divergirenden nennen kann, und der einer Anzahl laubartiger Formen zukommt. Entweder fällt bei demselben die Linie, von welcher auf dem radialen Durchschnitt die Fasern nach oben und unten ausbiegen, nicht in, sondern unter die Mittelebene (z. B. Placodium diffractum, Schwendener) oder die Fasern laufen an der Unterseite der Fläche parallel, und nur auf der Oberseite in Bogenlinien, welche der Oberfläche annähernd rechtwinkelig treffen; so bei Parmelia Körber und Peltigera. Die Vorschiebung des Randes geschieht in den letzteren Fällen vorzugsweise durch Einschiebung von senkrecht gegen die Oberseite gerichteten Verästelungen.

Zwischen den drei bezeichneten Typen (in deren Bezeichnung ich der Gleichmässigkeit wegen von Schwendener etwas abgewichen bin) kommen übrigens intermediäre Formen vor, »von denen man kaum weiss, ob sie dem einen oder dem anderen näher stehen.« Unter den laubartigen zeigen z. B. (nach Schw.) annähernd parallelfaserige Randstructur Parmelia aquila, speciosa, chrysophthalma.

Intercalares Wachsthum. In der hinter dem Rande oder Scheitel gelegenen Region dauert das Wachsthum eine Zeit lang an, und in diesem intercalaren Wachsen beruht die Vergrösserung des Thallus zum beträchtlichsten Theile. Zunächst die intercalare Flächenausdehnung. Sie übertrifft die durch marginale Apposition geschehende stets um ein vielfaches, ist in der Nähe des Randes am stärksten und sinkt in einer je nach der Art grösseren oder kleineren Entfernung von diesem auf Null herab. Je nachdem sie in radialer und

tangentialer Richtung gleichmässig oder ungleichmässig stattfindet, ist der laubartige Thallus glatt oder gerunzelt, seine Lappen seitlich übereinander greifend oder spreizend. Eine genaue Messung der intercalaren Flächenausdehnung ist nicht immer möglich, sicher aber da, wo auf der Oberfläche bestimmte feste Puncte unmittelbar hinter dem Rande markirt sind, deren mit der Entfernung vom Rande wachsende Distanz von einander gemessen werden kann: wie in dem Rande der Cyphellen von Sticta, den Runzeln von Umbilicaria pustulata und Sticta pulmonaria, den Maschen des Adernetzes auf der Unterfläche von Peltigera.

Zweitens die Dickenzunahme. Unmittelbar hinter der Spitze, resp. dem Rande, beginnt sowohl Flächen- als Dickenwachsthum der Rinde. Bei ringsum berindetem Thallus muss schon ersteres für sich allein eine Vermehrung der Dicke zur Folge haben, wenn es, wie meistens der Fall ist, lebhafter fortschreitet, als das eigentliche Spitzenwachsthum. Die Verästelung und Verdickung der axilen (oder, bei einseitiger Berindung, unteren) Hyphen bleibt hinter der Vergrösserung des Rindenumfangs zurück, daher die Differenzirung des lockeren lufthaltigen Markgeflechtes von der dicht bleibenden Rinde. Es bedarf keiner ausführlichen Erwähnung, dass der weite axile Hohlraum bei Cladonia und Thamnolia dadurch zu Stande kommen muss, dass sich das ganze Gewebe überwiegend in der Richtung der Oberfläche vergrössert. Auch wo Rinde und Mark bereits differenzirt sind, dauert die Dickenzunahme des Thallus vielfach noch fort, je nach den Arten verschieden lange, bei den meisten laubartigen Formen hört sie dicht hinter dem Rande ganz oder nahezu auf.

Alles intercalare Wachsthum beruht theils allein auf Ausdehnung vorhandener Zellen und Verdickung ihrer Membranen, theils auf Zelltheilung, Neubildung und Einschiebung von Verästelungen. Erhebliche Vergrösserung der Zellen, sowohl des Marks als der Rinde ist z. B. in der hinter dem Rande gelegenen Zone des Thallus von Peltigera (P. canina, aphthosa) zu beobachten. Die Zellen der Markhyphen von Usnea, der inneren Rinde von Bryopogon, nehmen nach Schwendener mit Entfernung von der Spitze beträchtlich an Länge zu. In anderen Fällen ist mit der Streckung Theilung durch Querwände verbunden, z. B. bei den äusseren Rindenzellen von Bryopogon, welche den innern ursprünglich gleich lang sind und während der Streckung dieser immer kurz bleiben. Der wichtigste Factor beim intercalaren Wachsthum ist jedenfalls die Einschiebung neu entstehender Verästelungen. Dieselbe findet, wie vielfach leicht nachweisbar ist, sowohl in dem lockeren Marke, als auch in dem interstitienlosen Gewebe der soliden Markstränge und der Rinde statt, und in letzterer, wie schon oben angedeutet wurde, ganz vorzugsweise. Je nach der Richtung, in welcher diese später eingeschobenen Aeste wachsen, bleibt die Anordnung der Hyphen in den älteren Theilen entweder wesentlich die gleiche, wie in der Spitze oder dem Rande (z. B. Thamnolia, Rinde von Roccella, Bryopogon, Markstrang von Usnea); oder sie ändert sich dergestalt, dass in den älteren Theilen kaum eine Spur von der ursprünglichen Anordnung erkennbar bleibt — z. B. Mark von Roccella, Sphaerophoron, und vor allem die Rinde von letzterer Gattung und von Usnea, welche im älteren Zustande statt der ursprünglichen symmetrisch-divergirenden oder parallelen Hyphen ein dichtes Geflecht von nach allen Richtungen sich kreuzenden ästigen Fäden darstellt.

Bei vielen Laub- und, wie hier anticipirt werden mag, Krustenflechten (nach

Schwendener, ich kenne es von Umbilicaria pustulata und einer Reihe Krustenflechten) ist mit dem Dickenwachsthum ein von aussen nach innen fortschreitendes Absterben der älteren Rinde verbunden. Die todte Schicht bleibt auf der lebenskräftigen oft als eine fast structurlose durchsichtige Masse liegen; in anderen Fällen wird sie durch die atmosphärischen Agentien rasch zerstört und unkenntlich. Der Verlust der Rinde wird durch Regeneration von der Innenfläche aus ersetzt, so dass jene immer ungefähr die gleiche Dicke behält. Die in der Gonidienzone verlaufenden Markhyphen nämlich verästeln und verflechten sich zu einem der Rinde gleichwerdenden und sich ihr innen anlegenden interstitienlosen Gewebe. Die äusseren Gonidien werden in dieses secundäre Rindengeflecht eingeschlossen, schrumpfen allmählich und sterben ab, während innen neue entstehen. Hat der beschriebene Vorgang längere Zeit gedauert, so ist die ganze Rinde mit absterbenden oder todten inhaltslosen Gonidien durchsäet. Dieselben lassen sich, zumal nach Einwirkung von Kali, durch die unten zu erwähnende Iodfärbung ihrer Membran nachweisen. Sie liegen in der älteren Rinde immer viel weiter auseinander, als in der ursprünglichen Gonidienzone, was einen weiteren Beweis für die intercalare Vermehrung der Rindenelemente liefert.

Die Verzweigung des Strauch- und Laub-Thallus ist theils eine ächte Gabelung, Dichotomie, theils geschieht sie durch Adventiväste, welche an beliebigen Puncten entstehen können. Von den bei Usnea vorkommenden Soredialästen wird unten die Rede sein.

Die Gabelung kommt bei dem strauchartigen Thallus dadurch zu Stande, dass das Längenwachsthum des Scheitels in der Mittellinie aufhört, und dafür an zwei symmetrisch neben dieser liegenden Puncten derart andauert, dass zwei dem ersten gleiche und das Längenwachsthum fortsetzende Scheitel entstehen. Die Adventiväste werden angelegt, indem ein Bündel Rindenfasern über die Oberfläche hervorwächst und die Eigenschaften eines Thallusendes erhält. Ihr Wachsthum ist im übrigen dem der Gabeläste gleich. Der junge Adventivast sitzt zunächst der Rinde aussen auf. Durch sein Dickenwachsthum wird später das tiefer gelegene Rindengewebe des Stammes an der Ansatzstelle gelockert und das sich entwickelnde Mark des Astes mit dem des Stammes in Berührung gebracht. Von den Hyphen jenes treten dann immer zahlreiche Aeste in den Stamm ein, kreuzen und verflechten sich mit den Markhyphen des letzteren; eine Erscheinung, welche zumal in dem dichten Markstrange von Usnea auffallend hervortritt, in welchen die Fasern des Adventivastes von der Seite her eindringen und sich zwischen den longitudinalen Hyphen strahlig ausbreiten. An der Trennungsstelle der Gabeläste findet diese Kreuzung der Hyphen nicht statt.

Gefördertes Wachsthum eines Adventivastes kann den Hauptstamm zur Seite drängen und somit eine falsche, scheinbare Gabelung bilden.

Es ist wahrscheinlich, dass die Verzweigung, beziehungsweise Lappung des laubartigen Thallus auf ähnliche Weise wie bei dem strauchartigen zu Stande kommt, doch liegen darüber keine eingehenderen Untersuchungen vor.

Der eigenthümliche, in laubartige Schuppen und Podetien gegliederte Thallus von Cladonia und Stereocaulon bedarf in vielen Puncten noch genauerer Untersuchung. Für Cladonia haben Schwendener's Arbeiten die Wahrscheinlichkeit ergeben, dass die Podetien im Marke der primären Schüppchen angelegt

werden und durch die Rinde hervorbrechen. Die Berindung der Podetien bei genannter Gattung ist von allen übrigen verschieden. Das wachsende Thallusende besteht aus parallelen oder symmetrisch-divergirenden Hyphen, welche sich nach unten in die des Markes fortsetzen. Auf der unberindeten Oberfläche dieses, innerhalb eines dünnen, locker filzigen Fadengeflechtes, bilden sich einzelne, nach unten allmählich zahlreicher werdende Gonidiengruppen. Die partielle Berindung vieler Arten entsteht später, indem die Fäden des lockeren Geflechts die Gonidiengruppen überwuchern und sich auf der Aussenseite derselben zu einem lückenlosen Rindengewebe verflechten. Durch Vergrösserung und Vereinigung der anfänglich getrennten und bei vielen Arten als getrennte Schüppchen verbleibenden Rindenportionen kommt in manchen Fällen (Cl. furcata) eine fast oder ganz vollständige Berindung zu Stande.

Die blattartigen abstehenden Schuppen an den Podetien mancher Arten (Cl. squamosa, furcata u. s. f.) entstehen, indem sich entweder ganze Rindenschüppchen oder Theile des Randes von grösseren mit ihrer einen (unteren) Seite von dem oberflächlichen Fasergeflecht abheben, und sich um die entgegengesetzte (obere) befestigt bleibende wie ein Ventil drehen, bis sie horizontal stehen. Die Ursache dieser Bewegung ist in der Entwickelung der lockeren Faserschicht unterhalb der Anheftungsstelle zu suchen. Die beschriebenen Schuppen sind natürlich nur auf ihrer Oberseite berindet. Andere, an ihrer Basis beiderseits berindete Schuppen scheinen aus faltenartigen, später an ihrem freien Rande aufreissenden Vortreibungen der Rindenportionen zu entstehen.

Die Bildung der becherförmigen Thallusenden geschieht ähnlich wie die Gabelung, nur dass die Hyphen nicht nur nach zwei Seiten, sondern wie die Seitenlinien eines umgekehrten Kegels auseinander treten.

2. Der krustenförmig geschichtete Thallus.

Es wurde schon Eingangs angedeutet, dass bei einer Anzahl sogenannter Krustenflechten (Verrucaria, Calycium, Baeomyces u. s. f.) der Thallus noch zu wenig untersucht ist, als dass über seine Structur und seine Entwickelung irgend brauchbare Angaben möglich wären. Für die überwiegende Mehrzahl der Krustenflechten dürften aber zwei Haupttypen zu unterscheiden sein. Nach den mir zu Gebote stehenden Daten kann ich auch diese nur andeuten, eine sicher begründete Darstellung bedarf noch ausgedehnter Untersuchungen.

Der erste Typus, dem z. B. die Genera Psora, Psoroma, Thalloidima candidum angehören, unterscheidet sich von dem laubartigen nur dadurch, dass die Unterfläche des Thallus unberindet und allenthalben mit Wurzelhaaren bedeckt ist: Aesten oder Fortsetzungen der Markfasern, welche sich dem Substrat anschmiegen oder in dasselbe, oft tief, eindringen. Formen, welche, wie Placodium-Arten, Pannaria, Endopyrenium unten berindet, aber gleichfalls mit Wurzelhaaren bedeckt sind, schliessen diesen Typus unmittelbar an den laubartigen an; er würde, wie mir scheint, am besten geradezu mit diesem vereinigt werden.

Einem zweiten Typus gehört, wie Schwendener schon vor längerer Zeit (Vortrag über d. Flechtenthallus, p. 6, Flora 1864, p. 325) angedeutet hat, wohl die Mehrzahl der Lichenen mit gefelderter oder körniger Kruste an. Ich

habe von diesen eine Anzahl rindenbewohnender Formen, Lecidella enteroleuca Kbr. (Lecidea parasema Nyl. et plurim.), Ochrolechia pallescens, Lecanora pallida, Pertusaria untersucht und kann mich zunächst nur an diese halten; für die Uebereinstimmung einer sehr grossen Zahl anderer spricht aber der gleiche Habitus.

Der Rand des Thallus (Fig. 87) besteht bei den genannten Flechten aus mehreren Lagen von Hyphen, welche in der Richtung der Fläche strahlig divergiren (*A*), im radialen senkrechten Längsschnitt parallel laufen (*B*). Dieselben bilden miteinander eine continuirliche, in verschiedenen radialen Streifen oft verschieden dicke Randzone, über deren Umfang einzelne freie Hyphenenden hinausragen. Durch Spitzenwachsthum und Verästelung der marginalen Hyphenenden wird der Rand vorgeschoben, die Fläche des Tallus also vergrössert. In einiger Entfernung vom Rande beginnt die Bildung von Gonidien und zwar an zerstreuten Puncten und innerhalb der Hyphenlagen, so dass die Gonidiengruppen sowohl seitlich, als auch oben und unten von diesen bedeckt sind. In und um jede Gonidiengruppe findet nun, unter steter Vermehrung der Gonidien, eine lebhafte Verästelung der Hyphen und eine immer dichtere, bis zur Verwischung des ursprünglichen radialen Verlaufs fortschreitende Verflechtung der neu entstandenen Aeste statt, besonders auf der dem Substrat abgekehrten Seite. Es entsteht hierdurch an den bezeichneten Puncten ein dicht verflochtenes, zahlreiche Gonidien einschliessendes Fadenknäuel, von dem die oberflächlichsten Enden einen vorzugsweise zur Oberfläche senkrechten Verlauf zeigen, eine meist sehr dünne, die äussersten Gonidien bedeckende Rindenschicht bildend (Fig. 87 *B*).

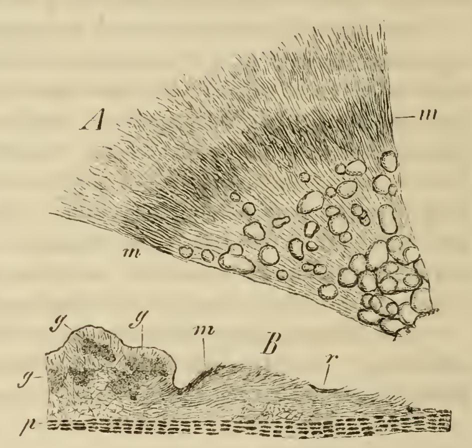


Fig. 87.

Die Stellen, in welchen die beschriebenen Bildungen stattfinden, erheben sich auf der Fläche der Marginalzone als gewölbte Hervorragungen, Wärzchen, deren Zahl und Grösse mit der Entfernung vom Rande rasch zunimmt bis zu gegenseitiger Berührung und Zusammenfliessen. Je nach der Gestalt der Hervorragungen, dem Grade ihrer Erhebung und ihres Zusammenfliessens erscheint der ausgebildete Thallus in verschiedenem Grade uneben, warzig, körnig, gefeldert. Seine Structur gleicht sowohl bei den speciell genannten, als den meisten anderen mit ähnlich aussehendem Thallus versehenen Krustenflechten dem laubartigen. Die Rindenschicht ist, soweit meine Kenntniss reicht, dünn, aus Fasern des oben beschriebenen Verlaufes bestehend. Sie scheint überall in der früher angegebenen Weise (S. 250) aussen abgestossen und von innen regenerirt zu werden.

Fig. 87. Lecidella enteroleuca Kbr. Auf der Rinde von Tilia. *A* junger, wachsender Thallusrand, schwach verg., von der Fläche gesehen. *B* Radialer senkrechter Längsschnitt durch denselben, Umriss 45mal vergr., Ausführung nach stärkerer Vergr., wie in Fig. 83. *m* Der schwarze Randstreifen. *g* Gonidiengruppen. *p* Periderma.

Die Gonidienzone springt verschieden weit in das Mark vor. Letzteres nimmt mit der Bildung der Vorragungen bedeutend an Mächtigkeit zu, seine Hyphen sind ordnungslos verflochten, die Interstitien lufthaltig. Bei den Krustenflechten mit sehr dickem Thallus, wie z. B. Lecanora ventosa Ach. (Haematomma vent. Mass.), L. Villarsii Ach. (Urceolaria ocellata DC.) bildet es weitaus die Hauptmasse, die Dicke der Rinde und Gonidienzone beträgt nach Tulasne kaum den 30sten Theil der des ganzen Thallus. Die Felderung der Oberfläche des letzteren hat, nach Schwendener (Vortr. p. 14), oft darin ihren Grund, dass die Rinde in Folge vorwiegender Ausdehnung des Markes Risse erhält — was natürlicher Weise unabhängig von der angegebenen ersten Anlegung der Felder geschehen kann.

Die Befestigung des Thallus geschieht in derselben Weise wie bei Psoroma, Psora u. s. w. durch Wurzelhaare, welche allenthalben als Aeste von den unteren Markhyphen entspringen. Dieselben dringen wenigstens bei vielen steinbewohnenden Flechten in Menge tief in das dichteste Substrat ein, oft ist der Thallus ganz oder nahezu vollständig gleichsam in die Substanz des Gesteins eingeflochten (zumal Verrucariae). Bei den rindenbewohnenden Krustenflechten, welche ich untersucht habe, drängen sich schon die Hyphenenden der Marginalzone theilweise zwischen die äussersten Peridermalagen. In geringer Entfernung vom Rande findet man einzelne Peridermastückchen der Oberfläche des Thallus aufliegend (Fig. 87, *r*). In den entwickelten Regionen des letzteren sind die der Rinde zugekehrten Markhyphen reichlich zwischen die oberflächlichen Peridermalagen eingedrungen, ein ordnungsloses Geflecht bildend, welches Peridermaportionen in reichlicher Menge einschliesst, entweder einzelne Zellen und selbst nur Membranfragmente, oder grössere Stücke, was auch bei der gleichen Flechtenspecies, je nach der Art des Baumes, den sie bewohnt, wechselt. Die eingeschlossenen Fragmente sind aufs verschiedenartigste verschoben, oft weit von einander und von den flechtenfreien tieferen Peridermaschichten entfernt — was ein lebhaftes intercalares Wachsthum in der unteren angewachsenen Medullar- oder Wurzelhaarlage anzeigt. Ein Wurzel- oder myceliumähnliches Eindringen der Hyphen in die tieferen Rindenlagen ist mir von keiner Krustenflechte bekannt.

Der Rand vieler Krustenflechten, unter den oben speciell bezeichneten z. B. der von Lecid. enteroleuca Kbr., wird häufig von einer vielbeschriebenen schwarzen Linie umsäumt. An dem Thallus genannter Species sieht man leicht, dass dies von einer schwärzlichen Färbung der Zellenmembranen der o b e r s t e n wenigen Hyphenlagen herrührt, welche an der noch gonidienfreien Marginalzone in einem gewissen Alter eintritt. Wo der Thallus in lebhaftem Wachsthume begriffen ist, verläuft die schwarze Linie, wenn sie überhaupt vorhanden ist, innen von dem farblosen jugendlichen Rande. Auf den gonidienführenden Prominenzen fehlt die schwarze Farbe, ohne Zweifel, weil die wenigen Zelllagen, denen sie zukommt, durch die Ausdehnung der Prominenz auseinandergedrängt und bald abgestossen werden. Wo von den in Rede stehenden Arten mehrere Thallusindividuen aneinanderstossen, da bilden die beschriebenen schwarzen Linien wie es scheint dauernde, oft landkartenähnliche Grenzen zwischen denselben. Der Grund hiervon dürfte darin liegen, dass bei dem Zusammentreffen mit anderen das marginale Wachsthum des Thallus stille steht und die Färbung in der Randzone dann eintritt und bleibt.

Eine Anzahl von Krustenflechten — z. B. Lecidea geographica, confervoides

(Rhizocarpon Ram. Kbr.), Urceolaria cinerea nach Tulasne's Abbildungen, zeigen um ihren scharf gefelderten Thallus einen Saum, gebildet aus strahlig divergirenden, verzweigten, confervenartigen und der Unterlage fest angeschmiegten Strängen, welche von bündelweise fest vereinigten Hyphen gebildet werden. Auf dieser marginalen Ausbreitung erheben sich die Areolen des Thallus in centrifugaler Folge, zuerst als kleine Schüppchen oder Wärzchen, welche sich allmählich bis zur allseitigen Berührung mit einander vergrössern. Es ist noch durch genauere Untersuchungen festzustellen, ob zwischen dieser Entwickelungsweise und der erst beschriebenen andere Unterschiede bestehen, als der, dass hier die Marginalzone in die einzelnen Stränge getheilt, dort zusammenhängend ist. Der Bau der Areolen zeigt keine besonderen Eigenthümlichkeiten.

Die marginalen Stränge der letztbesprochenen Formen sowohl wie die Randzone der nach Art von Lecidella enteroleuca Kbr. wachsenden werden oft unter dem Namen Hypothallus mit den Rhizinen und Wurzelhaaren confundirt. Passender ist die Bezeichnung Protothallus, insofern sie einen Anfangszustand bedeutet; ob jedoch die in Rede stehenden Theile mit dem unten zu besprechenden, aus der Spore zunächst entstehenden Protothallus identisch sind, ist noch fraglich.

Ueber die Entwickelung der gänzlich anheftungslosen, ringsum berindeten, krustigen oder knolligen exotischen Formen, wie Chlorangium Jussuffii und die anderen Lichenes esculenti kennen wir nichts. Der Bau von Chlorangium, welcher durch J. Müller gut beschrieben worden ist (Bot. Ztg. 1858, p. 89) schliesst sich im Wesentlichen dem der heteromeren Lichenen an. Seine Haupteigenthümlichkeit besteht, ausser der allseitigen Berindung, darin, dass die Gonidien in längliche, radial verlaufende und durch gonidienfreie Gewebsstreifen getrennte Gruppen angeordnet sind, welche zwischen der Rinde und dem massigen Medullarkörper liegen.

Die warzen- oder stabförmigen Excrescenzen, welche die Oberfläche mancher Krustenflechten oft dicht bedecken und das corallenähnliche Ansehen der sogenannten Isidium-Formen verursachen, zeigen, soweit ich nach gelegentlichen Beobachtungen urtheilen kann, gleiche Beschaffenheit, wie die Seite 245 erwähnten grösseren Excrescenzen von Evernia furfuracea, Umbilicaria. Genauere Untersuchungen fehlen auch hier.

3. Stoffliche Beschaffenheit der Mark- und Rindenschicht des geschichteten Thallus.

Der Inhalt der Hyphen ist stets farblos, unscheinbar, schwach körnig, hie und da kleine Oeltröpfchen führend, er wird durch Iod lebhaft gelb bis braun gefärbt. Organisirte Inhaltsbestandtheile kommen nicht vor; insonderheit ist das von Nylander (Synops., p. 50) behauptete Vorkommen von Stärkekörnern zurückzuweisen. Die Membran der Fasern gehört zu den gallertartigen Cellulosemodificationen. Sie ist durchscheinend, im Marke und den inneren Rindenregionen fast immer farblos, im trockenen Zustande spröde, in kaltem Wasser erheblich quellend, weich und biegsam werdend. Nach einigen von Nylander (l. c. p. 14) mitgetheilten Messungen nimmt der trockene Thallus durch Quellung in Wasser bei Peltigera canina um etwa 38, bei Hagenia ciliaris um etwa 30 Procent an Dicke zu. Es ist leicht zu beobachten, dass die Rinde vorwiegend in der Rich-

tung ihrer Oberfläche quillt, die lockeren Markfasern scheinen sich vorzugsweise in der Längenrichtung zu strecken; genaue Untersuchungen hierüber fehlen. Die Rindenzellen enthalten im trockenen Zustande wenigstens theilweise Luft, die ganze Schicht wird hierdurch undurchsichtig. Durch Wasser wird die Luft rasch verdrängt und die Transparenz der Membranen erhöht, so dass die grüne Gonidienzone durchschimmert; daher der beim Befeuchten eintretende Farbenwechsel der Oberfläche. Die Interstitien des Markgeflechtes bleiben auch beim Befeuchten lufthaltig, dieses daher undurchsichtig. In Iod bleiben die meisten Fasermembranen farblos, bei Zusatz von Schwefelsäure zerfliessen sie, entweder ungefärbt (z. B. Usnea barbata) oder nach vorheriger Bräunung (z. B. Hagenia ciliaris nach Speerschneider), oder nach Annahme einer manchmal intensiven (z. B. Mark von Evernia furfuracea) Violettfärbung. Bei Cetraria islandica werden, wie schon Schleiden (Grundz. II) angibt, die Rindenmembranen, mit Ausnahme der oberflächlichen gefärbten, durch Iodlösung allein schön blau, nach Zusatz von Schwefelsäure nehmen sie, sammt denen des Markes, eine violette Farbe an und zerfliessen. Die Medullarmembranen von Sphaerophoron coralloides werden durch Iod hellblau, währen die Membran der Rindenfasern farblos bleibt. Zusatz von SO_3 bewirkt lebhaft violette Färbung der Mark-, braunviolette der Rindenmembranen. Stellenweises Blauwerden durch Iod allein fand Schwendener noch in der Rinde von Cornicularia tristis Web. und einzelnen nicht näher bezeichneten Arten. Kupferoxydammoniak verursacht nach Schwendener höchstens ein sehr schwaches Aufquellen der Membranen. Ammoniak, Natron-, Kalilösung bewirken stets, und die letztere meist sehr starke Quellung. (Sie dienen daher dazu, das dichte Gewebe zu lockern und durchsichtig zu machen, wenn es sich um Untersuchung des Faserverlaufs handelt; letzterer tritt besonders deutlich hervor, wenn der Zellinhalt, nach Neutralisation des Alkali, durch Iod gefärbt wird.)

Mit Wasser gekocht quillt die Membran mancher Flechten zu amorpher Gallerte auf wie von Cetraria islandica allgemein bekannt ist; die Gallerte von der genannten Art und von Sphaerophoron coralloides wird durch Iod schön blau, die anderer Flechten, z. B. Sticta pulmonaria nicht. — Die beschriebenen Membranen sind die »Moos- oder Flechtenstärke, Lichenin« der Chemiker.

Die Membranen der Rinde, zumal die oberflächlichen Lagen, sind bei vielen Flechten verschiedentlich gefärbt von einem die Substanz gleichmässig durchdringenden Farbstoffe, z. B. Cetraria islandica, Bryopogon jubatus und viele andere; die dunkle Farbe der unteren Rinde von Evernia furfuracea rührt von einer Färbung der äusseren Membranschichten her: auf Durchschnitten sieht man die engen Lumina von dicken farblosen Membranen umgeben und zwischen diesen dunkelbraune Grenzstreifen. Genauere Untersuchungen über diese gleichförmig färbenden Stoffe, wenigstens mikrochemische, fehlen.

Eine zweite Reihe von Färbungen wird bewirkt durch die körnigen Einlagerungen oder Incrustationen. Sehr viele Flechten zeigen in ihrem Gewebe kleine, runde oder längliche, aus organischer Substanz bestehende Körnchen, theils der freien Oberfläche und den Markhyphen auf-, theils den interstitienlos verbundenen Membranen eingelagert. Farblose, oder doch auch in Masse nur schwach gelblich gefärbte Körnchen dieser Art kommen z. B. vor: in der oberen Rinde von Placodium cartilagineum u. a., Imbricaria caperata Dill., incurva P. u. a., auf den Markhyphen von Peltigera, Solorina saccata, Sticta

Spec. (Schwendener), auf der Rinde von Roccella, zumal R. fuciformis, Thamnolia, in der innern Rinde von Sphaerophoron coralloides; deutlich, oft intensiv gelbe: Aussenseite der Rinde von Evernia vulpina, Physcia parietina; eingelagert der peripherischen Rindenregion von Cetraria straminea (Schw.), Usnea barbata, der ganzen Rindenmembran von Psoroma gypsaceum, gruppenweise durch die Rinde zerstreut bei Bryopogon divergens (Ach.), sarmentosus, und besonders Br. ochroleucus, wo sie in der Nähe der Oberfläche eine ununterbrochene Schicht bilden; Markhyphen von Sticta aurata, auch Sticta crocata u. s. f.; rothe Incrustationen auf den Markhyphen von Solorina crocea. Alle diese Ein- und Auflagerungen bedingen theils lebhafte Färbung, theils matt-gelbliches Ansehen und Undurchsichtigkeit (z. B. Thamnolia, Roccella) der Theile, in denen sie enthalten sind. Alle stimmen darin überein, dass sie sich in Alkalien leicht lösen, unverändert oder unter Entfärbung, oder doch wenigstens unter Einwirkung dieser Agentien wolkig zerfliessen (Physcia parietina; Sol. crocea unter Farbenänderung). Nach diesem Verhalten ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Körnchen aus den sogenannten Flechtensäuren (Usninsäure, Lecanorsäure u. s. f.) oder Verbindungen derselben bestehen, zumal da Knop gezeigt hat, dass bei Usnea, Bryopogon sarmentosus, wo die gelbe Farbe entschieden von den Körnchen herrührt, die Menge der ausziehbaren Usninsäure um so grösser ist, je intensiver gelb die Färbung (Ann. d. Chem. u. Pharm. Band 49, p. 108).

Eine zweite Reihe von Infiltrationen und Einlagerungen besteht aus anorgânischen Substanzen. Zunächst sei hier die Rostfarbe erwähnt, welche nicht selten einzelne Individuen (»formae oxydatae«) vieler typisch anders gefärbter Krustenflechten annehmen, und von welcher vielfach bemerkt, neuerdings durch Gümbel nachgewiesen worden ist, dass sie durch Infiltration eines (pflanzensauern?) Eisensalzes zu Stande kommt. Bemerkenswerther ist das Vorkommen des oxalsauern Kalkes in vielen, zumal Krustenflechten. Derselbe tritt auf theils in Form octaedrischer Krystalle, theils unregelmässiger krystallinischer Körper, theils kleiner Körnchen. Er findet sich, wie in der Regel bei den Pilzen, niemals im Innern der Zellen, sondern entweder auf der Rindenoberfläche, auf den Markhyphen und in den Lücken zwischen diesen, oder — in Form feiner Körnchen — in die Membranen des dichten Rindengewebes eingelagert. Letzteres ist z. B. der Fall bei Psoroma lentigerum, dessen ganze Rinde vollkommen undurchsichtig, im reflectirten Lichte weiss ist, von dicht gedrängten Körnchen genannten Salzes. Ausser der genannten Species, deren Markhyphen gleichfalls durch den in Rede stehenden Körper incrustirt sind, seien als Beispiele für sein Vorkommen genannt: Ochrolechia tartarea Mass., Urceolaria scruposa, mit ungeheuren Mengen zum Theil sehr grosser Krystalle in den Marklücken; Thalloidima candidum: Rindenoberseite mit auf- und eingelagerten Körnern; der Thallus der Pertusarien, zumal P. fallax, mit grossen, unregelmässigen, interstitiellen krystallinischen Massen; körnige Incrustationen im Marke von Chlorangium Jussufii; vereinzelte kleinere Krystalle finden sich im Innern des Thallus zerstreut bei Megalospora sanguinea, affinis Mass., Ochrolechia pallescens Mass. u. s. f.

Es ist jedoch durchaus unrichtig, wenn behauptet wird, der kleesaure Kalk komme in allen Flechten, oder gar bei allen in Octaederform vor, und wenn dieses sogar (von Nylander, Synops. p. 4) unter die characteristischen Merkmale der

Flechten aufgenommen ist. Er fehlt nicht nur allen Gallertflechten, sondern kommt nicht einmal allen krustigen heteromeren zu; so suchte ich ihn z. B. bis jetzt vergebens bei Lecanora pallida und Lecidella enteroleuca Kbr. Unter den laubartigen konnte ich ihn sowenig wie Schwendener finden, abgesehen von seinem Vorkommen bei Placodium und Endocarpon monstrosum, dessen dieser Beobachter erwähnt; auch bei den meisten strauchartigen sah ich ihn sowenig wie Schwendener. Nur in den jungen Zweigen von Roccella fuciformis fand ich ziemlich grosse (nicht chemisch untersuchte) Krystalle, und in der Rinde und dem Marke von Thamnolia vermicularis Gruppen kleiner Stäbchen und Körner, welche aus dem in Rede stehenden Körper bestehen.

Als oxalsaurer Kalk wird dieser legitimirt durch die auf Seite 13 angegebenen Reactionen (untersucht bei Ochr. tartarea, Psor. lentiger., Pertusaria, Thamnolia). Zudem haben die makrochemischen Analysen in den incrustirten und krystallhaltigen Flechten mehrfach Oxalsäure nachgewiesen (z. B. Urceolaria, Ochr. tartarea, Pertusaria etc.). Es bestehen übrigens in dieser Beziehung Widersprüche: Gümbel konnte in Lecanora ventosa keine Oxalsäure nachweisen, während Braconnot grosse Mengen oxalsauren Kalkes angiebt, den ich gleichfalls sowohl mikroskopisch als makrochemisch nachweisen konnte.

Ausführliche Aufzählung und Beschreibung der durch die Analyse nachgewiesenen organischen wie anorganischen Flechtenstoffe wäre hier nicht am Platze; es sei daher auf Rochleder's Zusammenstellung der Thatsachen und Litteratur in Gmelin's Handb. d. Chemie, Bd. VIII. verwiesen (separatim: Chemie u. Phys. d. Pfl. v. Rochleder. 1858). Bemerkenswerth ist der oft sehr hohe Aschengehalt, der nach Thomson bei Cladonia rangiferina bis 12,47 Procent, bei P. saxatilis bis 6,91 Proc., bei Cetr. islandica allerdings nur 1,84 Proc. der Trockensubstanz beträgt. Ferner die mit dem Substrate wechselnde Aschenmenge: Imbricaria saxatilis von einer Esche gegen 7 Proc., von Felsen 3,9 Proc. (Thomson), Evernia prunastri von Birkenrinde 4,12 — 5 Proc., von Sandstein 3,5 Proc., wobei die relative Menge der Bestandtheile wechselt (Uloth). Endlich das, in der sonst qualitativ den übrigen Pflanzenaschen ähnlich zusammengesetzten Asche sehr häufige Vorkommen relativ grosser Mengen von Thonerde (z. B. 3,49 Proc. der Aschenmenge in Ev. prunastri von Sandstein). Ausführlicheres über die Aschenanalysen siehe bei:

Thomson, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 53, p. 254.
Knop, Erdm., Journ. f. pract. Chem. Bd. 38, p. 46. Bd. 40, p. 386.
Gümbel, Ueber Lecanora ventosa. Denkschr. d. Wiener Acad. Math. Naturw. Cl. Bd. XI.
Lindsay, Popul. hist. of Brit. Lich., p. 51.
Uloth, Flora 1861, p. 568.
Th. Fries, Genera heterolichenum, p. 8—12.

4. Die Gonidien des geschichteten Thallus.

Von diesen Organen sind bei den heteromeren Lichenen zwei Hauptformen zu unterscheiden, von denen jeder Species eine zukommt, und welche kurz als grüne (Chlorogonidien Wallr.) und blaugrüne bezeichnet werden können. Letztere finden sich bei den Genera Nephroma, Heppia Näg., Peltigera,

Solorina, Arten von Sticta (Stictina Nyl.) und den den Uebergang zu den Gallertflechten bildenden Gattungen Pannaria, Lecothecium, Racoblenna.

Die übrigen, weitaus zahlreicheren Gattungen haben grüne Gonidien. Was Speerschneider als farblose Gonidien bezeichnet, sind nichts weiter als leere Membranen, die durch die Präparation ihren gefärbten Inhalt verloren haben, was bei Durchschnitten oft der Fall ist. Tulasne fand dagegen in dem Thallus von Lecidea albocaerulescens Fr. farblose, solide, ganz aus Cellulose bestehende Kugeln von $^1/_{75}$ Mm. bis $^1/_{62}$ Mm. Durchmesser, welche er für veränderte Gonidien hält (Mém. Lich. p. 85). — Von den übrigen wesentlich verschieden sind die Gonidien der Gattung Roccella.

Das grüne Gonidium entsteht, wie Bayrhoffer zuerst zeigte, indem das Ende eines kurzen Seitenästchens der Hyphen anschwillt und sich zu einer kugeligen, grüne Farbe annehmenden Zelle abgrenzt (Fig. 88 *a*, *g*). Einmal gebildet, zeigt es selbständiges Wachsthum und selbständige Vermehrung durch Theilung; eine Anzahl Gonidien liegt daher ungestielt in den Interstitien des Hyphengeflechtes.

Das fertige Gonidium (Fig. 88) ist eine kugelige Zelle von verschiedener Grösse. Das von Schwendener für Usnea gefundene Maximum von $^1/_{80}$—$^1/_{55}$ Mm. dürfte für die meisten Flechten gültig sein. Bei Sticta überschreitet der Durchmesser selten $^1/_{125}$ Mm. bis $^1/_{100}$ Mm. Die Gonidien haben eine farblose, ziemlich derbe Membran, welche in Iod und Schwefelsäure, Chlorzinkjod die characteristischen Cellulosefärbungen zeigt, nach Erwärmung mit Kali auch durch wässerige Iodlösung blau wird; Reactionen, die zur Auffindung der abgestorbenen Gonidien in der alten und abgestossenen Rinde dienen. Sie enthalten einen Protoplasmakörper, welcher ziemlich gleichförmig gelbgrün gefärbt ist, durch einen Farbstoff, dessen Vertheilung, Löslichkeit, Colorit dem Chlorophyll vollkommen gleicht, der jedoch, nach Knop und Schnedermann, mit diesem nicht identisch, und als Thallochlor unterschieden worden ist (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 55, p. 154). Der grüne Körper füllt entweder den Innenraum der Zelle vollständig aus, oder er ist auf seiner Oberfläche uneben (gekerbt oder strahlig eingeschnitten in der Profilansicht) und nur die Vorsprünge mit der Wand in Berührung, die Vertiefungen durch wasserhelle Substanz ausgefüllt. Der peripherische Theil des grünen Körpers ist meistens deutlich dunkler gefärbt, als die Mitte. Sein Centrum wird bei der frischen Flechte von einem blassen runden Körper eingenommen, der entweder homogen oder bläschenartig hohl, soviel erkennbar ungefärbt ist, und welchen ich, nach Aussehen, Stellung und Verhalten zu Reagentien, als Zellkern bezeichnen möchte. Derselbe findet sich constant in dem frischen, feuchten Thallus. Er wird unkenntlich beim Eintrocknen des letzteren und ist an Präparaten, welche von trocknen, wenn auch

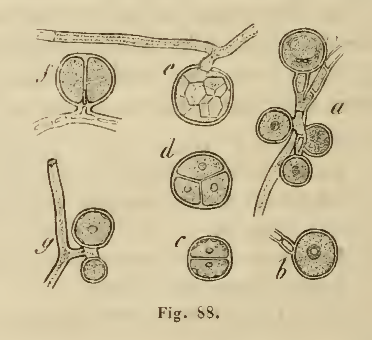


Fig. 88.

Fig. 88. Grüne Gonidien *a*—*e* von Imbricaria tiliacea, Vergr 390, *g* von Sphaerophoron coralloides, Vergr. 390; *f* von Usnea barbata (Vergr. 700 nach Schwend.).

noch lebendigen Exemplaren entnommen sind, meist nicht sichtbar; er erscheint aber nach einiger Zeit wieder, wenn die Flechte wieder befeuchtet wird. [1]) Nicht selten finden sich ausserdem einzelne, verschiedenartig geordnete, farblose, ölartige Tröpfchen. Speerschneider's Angabe von mehreren Zellkernen und Schwendener's Leugnen des Vorhandenseins eines Kerns mögen theils in dem Auftreten der Oeltröpfchen, theils in der mit der Befeuchtung wechselnden Deutlichkeit des letzteren ihren Grund haben.

Die Vermehrung der Gonidien erfolgt durch wiederholte Zweitheilung (mit Scheidewandbildung) in gleichgrosse Tochterzellen. Nach Schwendener's Untersuchungen (die ich für die meisten, doch nicht für alle Stadien wiederholt habe) »geht die erste Scheidewand durch den Anheftungspunct der Stielzelle (Fig. 88, *f*); die beiden folgenden setzen sich an die erste gewöhnlich in der Weise an, dass die vier Theilzellen annähernd tetraedrisch gestellt sind (*c*, *d*), seltener so, dass letztere in derselben Ebene liegen. Die Theilung schreitet hierauf in den verschiedensten Richtungen des Raumes fort, es bilden sich grössere Gruppen, die oft noch längere Zeit ihre ursprüngliche Kugelform behalten« (*e*). Nach vollendeter Theilung beginnen die einzelnen Tochterzellen sich auszudehnen und Kugelform anzunehmen, die ganze Gruppe erhält hierdurch zunächst maulbeerförmiges Aussehen; zuletzt trennen sich die Tochterzellen von einander. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass in den frei und kugelig gewordenen Tochtergonidien der Theilungsprocess von neuem vor sich gehen kann, ein sicherer Beweis hierfür jedoch kaum zu liefern, weil in den Präparaten die freien von solchen nicht unterschieden werden können, welche von ihren Stielen abgerissen sind.

Die blaugrünen Gonidien entstehen nach Schwendener wie die grünen als Endzellen kurzer Seitenästchen der Hyphen und theilen sich wie jene; »nur folgen die Scheidewände weniger rasch nach einander und sind dabei häufiger so gestellt, dass je vier zusammengehörige Theilzellen in einer Ebene liegen. Auch verlieren die aus einer Mutterzelle hervorgehenden Gruppen schon sehr früh ihre Kugelform, sie werden unregelmässig-länglich, oft viel länger als breit, und bilden alsdann doppelte oder mehrfache Reihen, deren Gliederzahl sich häufig durch wiederholte Theilung in der nämlichen Richtung vermehrt.« Zumal bei den Pannarien und Verwandten tritt die Anordnung zu Reihen oder Ketten sehr auffallend hervor; letztere schieben sich oft weit in das Mark hinein. Bei den anderen Gattungen sind die Gonidien zu unregelmässigen Gruppen oder Nestern vereinigt.

Die Membranen dieser Gonidien sind in der Regel im ausgebildeten Zustande verdickt, gallertartig weich, oft in eine weichere breite Mittelschicht und dünne, festere Aussen- und Innenschicht gesondert. Die gallertigen Schwesternmembranen sind meist fest vereinigt, anscheinend zu einer homogenen Gallerte zusammengeflossen, so dass die Gonidiengruppe aus blassgrünen Körpern oder Zellen zusammengesetzt zu sein scheint, welche, mehr oder minder weit von einander entfernt, in einer gemeinsamen Gallerthülle eingebettet liegen. Erinnert schon dieses Verhältniss an die Zellfamilien der Nostocaceen und Chroococcaceen, so

1) Nach Untersuchungen an Imbricaria tiliacea, caperata, Physcia parietina, Hagenia ciliaris, Parmelia pulverulenta, stellaris, Usnea barbata, Sphaerophoron coralloides, Lecidea enteroleuca, Pertusaria, Evernia prunastri, Cetraria islandica.

wird die Aehnlichkeit mit den Zellen dieser Algen eine sehr vollständige durch die Inhaltsbeschaffenheit der in Rede stehenden Gonidien. Die Membran umschliesst einen ganz homogenen Protoplasmakörper, welcher durch Phycochrom gleichmässig rein oder schmutzig blaugrün gefärbt ist. Genauer untersucht ist der Farbstoff allerdings bis jetzt nicht, seine Bezeichnung als Phycochrom wird jedoch durch die vollkommene Aehnlichkeit mit dem der genannten Algen gerechtfertigt.

Die blaugrünen Gonidien sind der (allerdings nicht ausnahmslosen) Regel nach kleiner als die grünen; dieser Umstand, die Homogenität ihres Inhalts und ihre gallertige Umhüllung mag es erklären, dass sie Nylander als grains gonidiaux, granula gonima, von den Gonidien unterscheidet.

Die Gonidien von Roccella zeichnen sich bei trocknen Exemplaren von allen übrigen durch den blass gelbgrünen Inhalt aus, dessen Beschaffenheit an der frischen Flechte noch zu ermitteln ist. Ihre Entstehung ist der der grünen im Wesentlichen gleich; ihre Vermehrung geschieht dagegen durch Sprossung, ganz ähnlich wie bei den hefeartigen Pilzzellen (Seite 119, 120), nur dass die zur Tochterzelle sich abgliedernde Ausstülpung mit etwas breiterer Basis als bei diesen der Mutterzelle aufsitzt (vgl. Fig. 83, *b*, *g*).

II. Der Thallus der Graphideen.

Eine Anzahl von Krustenflechten zeigt eine von der beschriebenen in wesentlichen Puncten abweichende Thallusstructur. Ich fand dieselbe bei Graphideen verschiedener Genera (Graphis scripta, Opegrapha varia, O. plocina Kbr., Lecanactis illecebrosa Kbr., Arthonia impolita Kbr., ferner O. saxatilis Schaer. [Zwackh. Exs. Nr. 2], O. gyrocarpa Kbr.) und bezeichne sie daher nach dieser Familie; sie kommt ferner der Pyrenula nitida[1]) zu.

Die Haupteigenthümlichkeit dieser Thallusform besteht in der Beschaffenheit der Gonidien (Fig. 89). Die erste Entstehung und der Zusammenhang dieser mit den Hyphen ist mir nicht deutlich geworden. Sie finden sich vereinigt zu oft vielgliedrigen, confervenartigen, ästigen Zellreihen, welche durch Theilung der Endzelle in die Länge wachsen, so zwar, dass diese aus ihrem abgerundeten

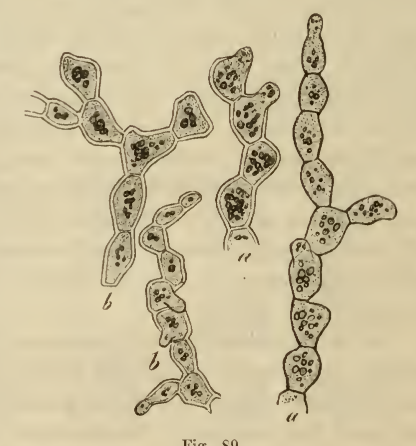


Fig. 89.

Fig. 89. Gonidienketten, *a* von Lecanactis illecebrosa Duf. *b* von Graphis scripta; Vergr. 390. Die runden Körper im Innern der Zellen stellen die braunrothen Oeltropfen vor.

1) Inwieweit die übrigen Verrucariaceen mit dieser übereinstimmen, muss ich dahingestellt sein lassen. Die ächten Verrucarien, z. B. V. Dufourei DC., V. calciseda DC. scheinen entschieden nicht hierher zu gehören.

Scheitel eine am Grunde verschmälerte, und sich hier später durch eine Querwand zur neuen Endzelle abgrenzende Ausstülpung treibt. Die Reihen verästeln sich, indem eine ebensolche Ausstülpung unter dem oberen Ende der Gliederzellen hervortritt, als Anlage der ersten Zelle des Astes. Eine Theilung der Gliederzellen durch Querwände habe ich nie beobachtet.

Die Gestalt der Zellen ist höchst mannigfaltig; die verschiedensten Formen kommen in demselben Thallus vor, und zwischen den untersuchten Arten besteht keine erhebliche Verschiedenheit. Die Mehrzahl hat eine unregelmässig-ovale, etwa tonnenförmige Gestalt, ist in der Mitte aufgetrieben und mit ebenen kleinen Endflächen den Nachbarzellen angefügt, so dass die Reihe rosenkranzförmig erscheint. Daneben kommen fast kugelige, oder ganz unregelmässig ausgebuchtete Formen vor, und, zumal am Rande des Thallus, schmal und langgestreckt cylindrische. Die Zellen sind im Vergleich zu den Gonidien anderer Flechten sehr gross, die tonnenförmigen z. B. bei Opegrapha plocina bis zu $^1/_{27}$ Mm. lang, $^1/_{35}$ Mm. breit, bei Lecanactis bis über $^1/_{42}$ Mm. lang, bei etwa $^1/_{75}$ Mm. Breite. Ueberschreitungen dieses Maasses finden sich öfters, die gestreckt cylindrischen sind dagegen vielfach nur $^1/_{250}$ Mm. dick.

Die Zellen besitzen eine mässig dicke, nicht gallertartige Cellulosemembran. Diese umschliesst entweder einen durch Chlorophyll gleichmässig gelbgrün gefärbten Protoplasmakörper, in dessen Mitte eine Anzahl verschieden grosser r o t h g e l b e r oder r o t h b r a u n e r, anscheinend ölartiger Körner oder Tröpfchen zerstreut liegen; oder die letzteren nehmen, dicht gehäuft, den Innenraum beinahe oder ganz vollständig ein, eine körnige, rothbraune Inhaltsmasse erscheint nur von einer schmalen peripherischen grünen Schicht umgeben oder ohne letztere, die ganze Zelle erfüllend. Bei den fünf oben zuerst genannten, hinreichend frisch untersuchten Arten fand ich alle Modificationen des Inhalts in demselben Thallus, den relativ grössten Chlorophyllreichthum in den anscheinend jüngeren Zellen. Bei Pyrenula nitida fehlte das Chlorophyll nie, die rothgelben Oeltropfen waren immer sparsam, in einzelnen Zellen gar nicht vorhanden. Aus der angegebenen Inhaltsbeschaffenheit erklärt sich ohne Weiteres die vielfach beschriebene braunrothe oder gelbe Farbe des intacten oder verletzten Thallus der hierher gehörigen Formen, welche Farbe Wallroth zur Bildung des Namens C h r y s o g o n i d i e n veranlasst hat. An alten, trockenen Exemplaren ist der Inhalt meist ganz ausgebleicht.

Die Gonidienketten sind bei den oben genannten steinbewohnenden Formen, bei Lecan. illecebrosa, Arth. impolita, schräg oder senkrecht zur Oberfläche des Substrates gestellt und allenthalben umsponnen von verzweigten, farblosen, dünnen (etwa $^1/_{300}$ Mm. durchschnittlich starken) Hyphen mit fast zum Verschwinden des Lumens verdickter Membran. Der ganze Thallus besteht lediglich aus einem solchen, in den Interstitien lufthaltigen Geflechte von Gonidienketten und Hyphen, ohne Differenzirung in Mark und Rindenschicht; er bildet einen zarten, centrifugal wachsenden verschieden dicken Ueberzug auf der Oberfläche des Substrates. Seine weisse Farbe rührt bei genannter Lecanactis und Arthonia theils von dem Luftgehalte, theils daher, dass an der Oberfläche zwischen dem Hyphengeflechte sehr viele farblose leere Membranen abgestorbener Gonidien liegen.

Bei Graphis scripta, Opegrapha varia und ähnlichen rindenbewohnenden

Formen hat der Thallus, für sich allein betrachtet, im Wesentlichen den beschriebenen Bau; das Geflecht von Gonidienketten und Hyphen ist aber ausgebreitet zwischen den äussersten Peridermalagen der Rinde und die Gonidienketten vorzugsweise in der Richtung der Oberfläche geordnet und verzweigt. Sie drängen sich sammt den Hyphen allenthalben zwischen die Lagen und einzelnen Zellen des Periderma ein, am Thallusrande oft ein zierliches Netz bildend. Der ganze Thallus dieser Formen erreicht nur eine geringe Dicke und seine Aussenfläche ist stets bedeckt von einem dünnen, aus einer oder einigen Lagen von Zellen bestehenden Peridermaüberzuge: daher unterrindiger Thallus, Th. hypophloeodes. Nach Tulasne's Angaben schliesst sich diesen Formen als einfachste, fast rudimentäre der Thallus von Arthonia galactites (vielleicht auch »Verrucaria epidermidis«) an, ein spärliches, unter der oberflächlichsten Peridermaschicht verbreitetes Fasergeflecht mit einzelnen kleinen Gonidienketten (chapelets). Die anscheinend weisse oder weissliche Farbe dieser unterrindigen Thalli rührt, wie schon Wallroth angab, vielfach von Luftansammlung in und unter dem vertrockneten oberflächlichen Periderm her; bei Graphis scripta kommt hierzu reichliche Anhäufung unregelmässiger krystallinischer Stücke von oxalsaurem Kalk.

Der Thallus von Pyrenula nitida endlich (nach Exemplaren auf Carpinus Betulus) ist gleichfalls unterrindig, aussen von einer festen Lage Periderma bedeckt, und sein dichtes massiges Hyphengeflecht bis in die tiefsten Schichten dieses Gewebes ein-, diese weit auseinanderdrängend. Seine Gonidienketten sind fast lückenlos verflochten zu ausgedehnten, mächtigen, nur wenige Hyphen umschliessenden, unter der Oberfläche liegenden Gruppen oder Lagern.

Schliesslich sei bemerkt, dass die Structur der hierher gehörigen Thallusformen, zumal die Gonidienketten, am leichtesten und deutlichsten hervortreten, wenn man die Präparate nach Einwirkung etwa 10procentiger Kali- oder Natronlösung vorsichtig zerdrückt und zerfasert.

III. Gallertfechten.

Hierher gehören die Phycolichenes Massalongo's, die Collemaceae Nylander's zum allergrössten Theile, d. h. mit Ausnahme der im nächsten Abschnitte zu besprechenden »anomalen«.

Der Thallus der Gallertflechten hat laubartige oder klein-strauchartige Gestalt, oder besteht aus Körnchen, die mit einander eine Kruste bilden (Synalissae spec.). Er ist im trockenen Zustande knorpelig-spröde, saugt Wasser begierig ein und quillt durch dasselbe zu einem zäh-gelatinösen Körper auf. Durchschnitte zeigen, dass er in allen Fällen zusammengesetzt ist aus 1) Gonidien, deren rundlicher oder etwas länglicher Protoplasmakörper homogen-feinkörnig und durch Phycochrom gleichförmig blaugrün bis violettbraun gefärbt ist, genau wie bei den oben beschriebenen von Pannaria, Peltigera u. s. f., und wie bei den Zellen der typischen Nostocaceen; 2) engen, verzweigten und oft Hförmig oder netzförmig anastomosirenden Hyphen, Reihen meist schmal- und langgestreckt-cylindrischer Zellen, seltener aus kurzen, ovalen Gliedern zusammengesetzt und daher rosenkranzförmig (Thyrea decipiens Mass.), mit zarter dünner Wand und blassem Protoplasmainhalte. Beide Theile, die blaugrünen Gonidien-

körper (schlechthin Gonidien genannt) und die Hyphen sind einer anscheinend homogenen Gallerte eingebettet, welche die meist weiten, oft sehr grossen Zwischenräume vollständig ausfüllt, ohne luftführende Lücken frei zu lassen. Alle Theile sind entweder in der ganzen Dicke des Thallus gleichförmig vertheilt und mit einander gemengt (Synalissa, Thyrea decipiens Mass.) oder die Gonidien sind unter der Oberfläche reichlicher als in der Mitte vorhanden, ohne jedoch in letzterer völlig zu fehlen. So z. B. bei Mallotium, Collema conglomeratum, C. conchilobum, furvum, Omphalaria pulvinata Nyl., coralloides Nyl. und wohl den meisten grösseren Formen. Hierzu kommt bei laubartigen (Mallotium, Coll. furvum, conchilobum u. a.) ein grösserer Gonidienreichthum an der oberen oder Lichtseite als an der unteren.

1. Die Gonidien sind entweder zu Reihen (Schnüren, Ketten) oder in verschiedenartiger anderer Weise gruppirt.

a. Die erstgenannte Anordnung (Fig. 90, 91) kommt, wie längst bekannt, der alten Gattung Collema zu und ihren Verwandten (Synechoblastus, Leptogium, Mallotium, Obryzum, Plectopsora u. a., Lempholemma nach Schwendener). Die Kette kommt dadurch zu Stande, dass sich alle Zellen wiederholt durch Scheidewände theilen, welche mit der ersten parallel sind. Die Theilung dauert in allen Theilen der Kette lange an, die Zahl der Glieder kann daher eine sehr grosse werden. Diese sind rundlich oder abgerundet kurz-cylindrisch, die Kette daher rosenkranzförmig, genau wie bei der Algengattung Nostoc, und wie bei dieser werden einzelne zerstreute Glieder der Reihen, während in den meisten die Theilung andauert, zu theilungsunfähigen Grenzzellen, Interstitial-, Dauerzellen. Sie erhalten eine beträchtlichere Grösse als die gewöhnlichen Gliederzellen, derbere, zuletzt gelbliche Membran, meist mit einer kleinen, knopfförmig nach Innen vorspringenden Verdickung auf jeder Endfläche, und farblosen, wasserhellen Inhalt — Eigenthümlichkeiten, welche bei den gleichnamigen Organen vieler Nostocaceen wiederkehren (Fig. 90 *b*, 91 *i*). Die Ketten sind in dem Thallus vielfach wurmförmig gekrümmt und nach allen Seiten hin zwischen einander und zwischen die Hyphen eingeschlungen. Ueber ihren Zusammenhang mit diesen und ihren Ursprung sind die Angaben sehr verschieden. Nach Schwendener's kurzer Andeutung entsteht die erste Zelle der Kette in derselben Weise, wie die Gonidien der hete-

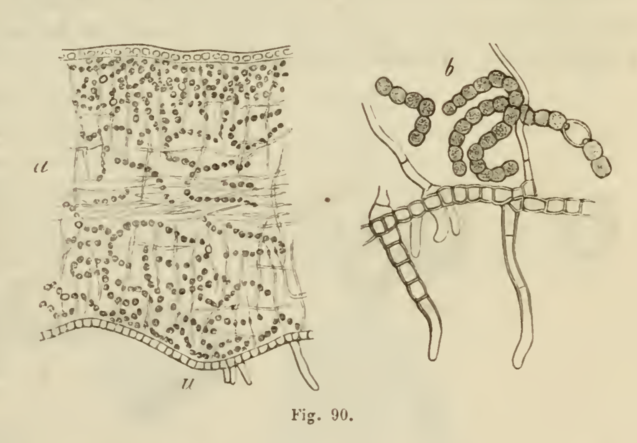


Fig. 90.

Fig. 90. Mallotium Hildenbrandii Garov. *a* Radialer Längsschnitt durch den Thallus. *u* Unterseite. Vergr. 190. *b* Stück eines sehr dünnen Schnitts durch die Unterseite, 390mal vergr.

romeren Flechten; die erste Theilung geht durch ihren Anheftungspunct. Caruel (Atti Soc. ital. Sc. Nat. Vol. VII, 1864) fand, dass von den Keimschläuchen, welche Sporen des Collema pulposum bei Aussaat auf feuchten Badeschwamm trieben, einzelne Zellen sich in eine Reihe kugeliger Glieder theilten, welche die blaugrüne Farbe der Gonidien annahmen. Körber, Sachs und ebenfalls Caruel geben ferner an, dass die Glieder der Gonidienketten ihrerseits zu verästelten, farblosen Hyphen auswachsen, also der umgekehrte Process wie bei den heteromeren Flechten, bei welchem die Gonidien die primären Organe wären. Was die letztere Behauptung betrifft, so stehe ich nicht an, sie mit Schwendener in Abrede zu stellen. Ferner sah ich bei sehr zahlreichen Aussaaten von verschiedenen Species aus den keimenden Sporen immer nur lange, farblose, verzweigte Hyphen, wie sie Tulasne beschreibt, hervorgehen, nie Gonidien an denselben entstehen. Auch Schwendener's Ansicht kann ich wenigstens nicht bestätigen; mit einer alsbald zu nennenden Ausnahme war es mir nie möglich, einen auch nur muthmasslichen genetischen Zusammenhang zwischen Gonidien und Hyphen zu finden. Dass ein solcher bei den meisten Formen jedenfalls nur selten beobachtet werden kann, und Gonidien und Hyphen meist selbständig und in gewissem Sinne unabhängig von einander wachsen, darüber sind alle Autoren einig. Die Zahl der Gonidienketten vermehrt sich (wie es auch für Nostoc unzweifelhaft ist) durch Trennung der vorhandenen in mehrere Stücke.

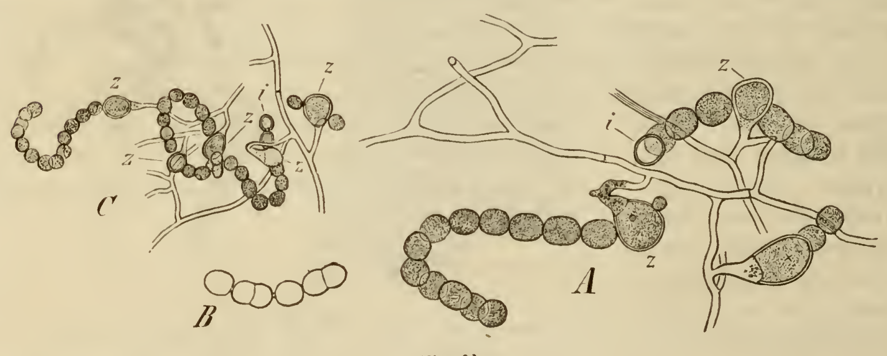


Fig. 91.

Nur bei Plectopsora cyathodes Mass. (und Lempholemma nach Schwendener) ist ein Zusammenhang der Gonidienketten mit den Hyphen leicht zu finden (Fig. 91). Einzelne Glieder (sie mögen der Kürze halber I n s e r t i o n s z e l l e n heissen) der ersteren sind bedeutend grösser als die übrigen, derbwandig, sonst den theilungsfähigen gleich und durch ihren blaugrünen Inhalt von den gleichfalls vorkommenden Interstitialzellen leicht zu unterscheiden. Sie sitzen auf einem Stiele, welcher durch einen kurzen Seitenast einer Hyphe gebildet wird, der mit verbreitertem Ende der Insertionszelle fest angewachsen ist. Diese Er-

Fig. 91. P l e c t o p s o r a c y a t h o d e s Mass. *A* ästige Hyphe mit 3 daran befestigten Gonidienketten. *i* Interstitialzelle, *z* Insertionszellen, *x* eine sammt den dazu gehörenden Gonidien abgestorbene Insertionszellen. Vergr. 720. *B* Stücke einer Gonidienkette mit zwei Theilungen. *C* 390mal vergr. *z* und *i* wie in *A*. Die mittlere Gonidienkette ist mittelst d r e i e r Insertionszellen an Hyphenzweige befestigt.

scheinungen lassen sich auf zweierlei Weise erklären. Entweder ist die Insertionszelle ursprünglich die Endzelle des Stiels, aus welcher durch Theilung oder Sprossung die Gonidienkette hervorgegangen ist. Oder jene entsteht, indem ein stielförmiger Hyphenzweig gegen irgend eine vorhandene Gonidie wächst, sich dieser anlegt und die Gonidie sich in Folge hiervon zur Insertionszelle vergrössert. Letztere Ansicht vertritt Schwendener. In den beobachteten Erscheinungen lässt sich für und gegen beide eine Anzahl von Argumenten finden, deren Discussion hier zu weit führen würde, und darauf hinausläuft, dass directe Beobachtung an frischen Exemplaren die Entscheidung wird geben müssen.

b. Bei Omphalaria, Synalissa und Verwandten (Thyrea, Paulia Fée, Peccania Mass., Enchylium) sitzen die Gonidien meist sehr deutlich stielförmigen Hyphenzweiglein auf, was Thwaites schon 1849 dargestellt hat (Ann. Magaz. Nat. hist. Ser. 2, Vol. 3). Die Gonidien theilen sich nach 2 oder 3 abwechselnden, auf einander senkrecht stehenden Richtungen. In den meisten Fällen findet nach jeder Theilung eine Gabelung der Stielzelle statt, derart, dass jede Tochterzelle einen besonderen Stiel erhält; die successiven Gabelungsebenen schneiden einander rechtwinkelig. Auf diese Art entstehen, wenn die Stiele kurz bleiben, cymöse Gonidiengruppen (Fig. 92 *b*). Bei Synalissa (Fig. 92 *c*) finde ich die Gonidien nur paarweise zusammengestellt, es muss daher zwischen je zwei Theilungen eine beträchtliche Streckung des Stiels stattfinden. Bei Synalissa spec. kommen auch Gruppen zahlreicher, nach drei Raumdimensionen geordneter Gonidien ohne Stielzellen vor. Auch bei Phylliscum endocarpoides Nyl. sind die sehr grossen, dickwandigen, nach drei abwechselnden Richtungen sich theilenden Gonidien vielfach mit Stielen versehen, Hyphenästen, welche durch die Membran bis dicht an den Protoplasmakörper dringen. Die Verzweigung der Stiele lässt sich hier, wegen der dichten Vereinigung der Gewebstheile, schwer verfolgen.

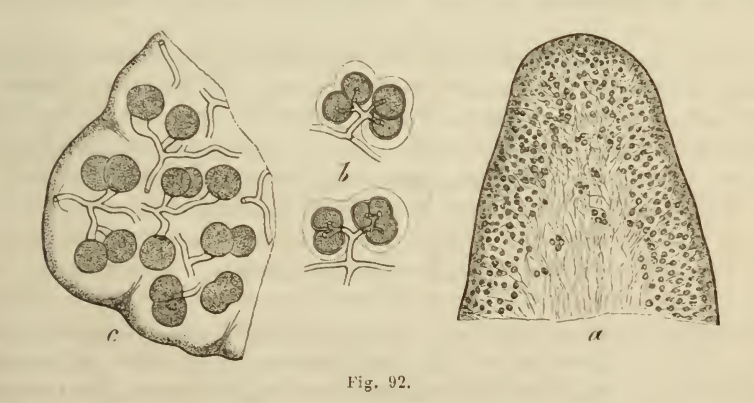


Fig. 92.

2. Von den Hyphen sind ausser den schon angegebenen keine Structureigenthümlichkeiten zu berichten. Ihre Anordnung ist wohl in allen Fällen

Fig. 92 *a*, *b*. Thyrea pulvinata Massal. *a* Senkrechter Längsschnitt durch den Thallusrand, Umriss 90fach vergr., Ausführung wie in Fig. 83. *b* Gonidiengruppen, 390fach vergr. *c* Synalissa Spec. (»Plectopsora botryosa«, Jack, Leiner und Stitzenberger, Krypt. Bad. Nr. 301) Stück eines dünnen Querschnitts durch ein Thallusläppchen, 720mal vergr. Die in der Figur schattirte Oberfläche der Gallerte ist violettroth gefärbt.

die, dass sie in der Mittellinie oder Mittelebene der Thallusabschnitte vorherrschend longitudinal, von der Basis zum Rande laufen, gerade oder wellig — was bei den meisten Collemen, Mallotium, Omphalarieen, Phylliscum, sehr deutlich hervortritt (Fig. 92 *a*), aber auch bei Synalissa, Thyrea decipiens, wenigstens im unteren Theile des Thallus beobachtet werden kann. Nach aussen von dem axilen Bündel bilden die Hyphen ein nach allen Richtungen verschlungenes weitmaschiges Geflecht oder Netz zwischen den Gonidiengruppen, das in den einzelnen Fällen verschiedene Gestalt hat. Bemerkenswerth ist der gerade, zu beiden Thallusflächen fast senkrechte Verlauf der peripherischen Hyphen bei Leptogium cyanescens, Mallotium (Fig. 90) und der bogige bei Synalissa, Thyrea decipiens, wo sie auf Durchschnitten ein zierlich-rundmaschiges Netz darstellen, dessen Lücken von den Gonidiengruppen ausgefüllt werden.

Bei den meisten Genera verlaufen zahlreiche peripherische Zweige senkrecht in die von Gallerte gebildete Oberfläche, um hier blind zu endigen. Eine Ausnahme hiervon machen Leptogium, Obryzum, Mallotium (Fig. 90), bei denen die peripherischen Zweigenden in eine den ganzen Thallus umziehende R i n d e oder O b e r h a u t übergehen: eine lückenlose, einfache oder stellenweise doppelte Schicht zierlich polyedrisch-tafelförmiger Zellen mit wasserhellem Inhalt und farbloser oder brauner Membran. Letztere ist auf der Oberseite des Thallus oft stärker und aussen mehr als innen verdickt, an die Epidermis höherer Gewächse erinnernd. Bei Mallotium entspringen von den Zellen der unteren Rinde überall zahlreiche vielzellige Haare, theils vereinzelt und kurz, theils länger und zu Bündeln vereinigt. Die Befestigung des Thallus geschieht durch diese Haare. Auch bei den anderen berindeten Formen (Leptogium) finden sich solche da, wo der Thallus dem Substrate aufliegt.

Bei den unberindeten treten an den Befestigungspuncten Aeste der Hyphen, mit meist derber Membran versehen, als Wurzelhaare aus der Gallerte hervor.

3. Die G a l l e r t e entsteht nach den dermaligen Kenntnissen vom Bau und Wachsthum der Zellmembran, deren Darstellung sich im ersten Bande dieses Handbuches finden wird, dadurch, dass die Zellmembranen des Thallus gelatinös verdickt und lückenlos vereinigt sind. Wo sie, wie z. B. bei Collema-Arten, Plectopsora, Leptogium, Mallotium, eine völlig homogene, durchscheinende, meist farblose Masse bildet, ist diese ihre Entstehung allerdings kaum direct nachweisbar, und ebensowenig eine sichere Entscheidung über den Antheil möglich, welchen Gonidien und Hyphen an ihrer Bildung haben. Häufig ist dagegen die Gallerte geschichtet, z. B. bei Synechoblastus Laureri, S. turgidus, Omphalaria und verwandten Formen, und hier sieht man deutlich die einzelnen Gonidienschnüre in dicke Gallertscheiden, die Gonidiengruppen in dicke, oft generationsweise ineinandergeschachtelte Gallertmembranen eingeschlossen. Die Gallerthüllen benachbarter Schnüre oder Gruppen schliessen oft deutlich fest aneinander, die Hyphen drängen sich zwischen ihnen durch. Bei Thyrea decipiens gelingt es nicht selten, durch Druck ein ganzes Thallusstück in einzelne Gonidiengruppen zu zerlegen, die mit generationsweise geschichteten Gallerthüllen umgeben sind; die Hyphen haften diesen theils aussen an, theils drängen sie sich zwischen die Schichten ein, ohne eigene Gallerthüllen erkennen zu lassen.

Nach diesen Thatsachen ist es wohl unzweifelhaft, dass die Gallerte wenig-

stens der Hauptmasse nach den Gonidienmembranen angehört — wie bei den heteromeren Flechten mit blaugrünen Gonidien; und bei der nahen Verwandtschaft aller Gallertflechten mit einander wird es erlaubt sein, diese Ansicht auch auf die mit ungeschichteter Gallerte versehenen auszudehnen.

Wohl bei allen unberindeten Formen ist die Gallerte in der Mitte des Thallus weicher, in höherem Grade quellbar als an der Oberfläche, und farblos; gegen die Oberfläche nimmt sie an Derbheit zu, und eine oft intensive, violette oder meist gelblichbraune Farbe an. Bei den berindeten (Mallotium, Leptogium) kommt diese letztere nur den Membranen der Rindenlage zu, die Gallerte innerhalb dieser ist, soweit meine Erfahrungen reichen, farblos.

Was das Verhalten gegen Reagentien betrifft, so sei hier erwähnt, dass die Gallerte von Plectopsora cyathodes, zumal die festere oberflächliche, durch Chlorzinkjod und Iod mit Schwefelsäure die characteristischen Cellulosefärbungen annimmt; ebenso die Membran der Interstitialzellen. Auch bei Phylliscum werden die Gallertmembranen im oberflächlichen Theile des Thallus durch genannte Reagentien blau. Bei anderen, gelegentlich in dieser Beziehung untersuchten Arten sah ich genannte Färbungen nicht auftreten; es fehlt jedoch an planmässigen Beobachtungen hierüber.

4. Ueber das Wachsthum der Gallertflechten fehlt es noch an genauen Untersuchungen. Dass dasselbe in centrifugaler Richtung fortschreitet, lehrt schon die oberflächliche Beobachtung. Man findet sehr oft das Gewebe der Basis oder Mitte schon im Absterben, während Spitze und Rand in offenbarer Vergrösserung begriffen sind. Bei Mallotium sind die Zellen der Rindenschichte in dem Rande jugendlicher Exemplare bedeutend kleiner und zarter, als in den vom Rande entfernten Regionen, was auf eine marginale Neubildung hindeutet. Im Uebrigen fand ich hier sowohl als bei Thyrea pulvinata (Fig. 92) bis in den äussersten Rand die gleiche Anordnung der Hyphen und Gonidien, wie in den älteren Theilen, nur die Gallerte weniger entwickelt, das Geflecht daher enger und dichter. Bei allen Collemaceen findet man auf weite Entfernung hinter dem Rande zahlreiche Theilungen der Gonidien, und da die Gonidienschnüre jedenfalls einen sehr beträchtlichen Theil der Thallusmasse ausmachen, so ist hieraus auf ein lange andauerndes intercalares Wachsthum zu schliessen.

IV. Anomale Formen.

1. Den vorhandenen Darstellungen zufolge (Nylander, Syn. 139, Tab. IV.) gehört hierher in erster Linie der krustige Thallus von Myriangium, der als ungeschichtet, aus gleichförmigem Zellgewebe bestehend beschrieben wird, und über dessen Gonidien nichts vorliegt. Er bedarf neuer Untersuchung.

2. Der strauchartige Thallus von Lichina, welchen besonders Schwendener genau untersucht hat, besteht aus einer dünnen, höchst kleinzelligen, überall, auch über dem Scheitel, gleichförmigen Rindenschichte und einem Marke mit überall deutlicher, in den älteren Theilen allerdings oft verschobener symmetrisch-divergenter Faserung. Die Markhyphen sind lückenlos verbunden und

mit dünnen, nicht gelatinösen Membranen versehen. Unter der ganzen Rinde liegt eine breite Gonidienzone und einzelne Gonidiengruppen sind durch das ganze Mark vertheilt. Structur und Farbe des Inhaltes der Gonidien sind die gleichen, wie bei den Gallertflechten. Sie theilen sich wechselnd nach verschiedenen Richtungen und bilden, indem sie sich aus ihrer ursprünglichen Anordnung verschieben, gekrümmte, einfache oder mehrfache Reihen. Nach allen diesen Thatsachen hält Lichina in vieler Beziehung die Mitte zwischen den strauchartigen heteromeren und den Gallertflechten.

3. Ephebe pubescens Fr. besitzt, wie aus zahlreichen Beschreibungen bekannt ist, einen strauchartigen, sehr ästigen Thallus, dessen Zweige stark borstendick werden. Untersucht man ein in Wasser liegendes junges Zweigende, so sieht man zunächst deutlich die Gonidien der Pflanze, innerhalb einer festen, dicken, geschichteten, das Ganze umziehenden Gallertscheide in eine Reihe übereinander gestellt (vgl. Fig. 93). Die Reihe verlängert sich durch Spitzenwachsthum, indem sich ihre kuppelförmige Scheitelzelle durch Querwände wiederholt in eine Scheitelzelle höherer Ordnung und eine scheibenförmige Gliederzelle theilt. Jede Gliederzelle theilt sich späterhin weiter, und zwar zunächst durch einander rechtwinkelig schneidende Längswände in zweimal zwei kreuzweise gestellte Tochterzellen. Jede dieser theilt sich wiederum durch eine Querwand in eine obere und untere; später erfolgen Theilungen abwechselnd nach drei Richtungen, jedoch in minder regelmässiger Folge als die ersten; und zwar scheint die Theilungsfähigkeit eine unbegrenzte zu sein. Aus den ursprünglichen Gliederzellen werden somit ebensoviele unregelmässig-vielzellige Glieder des Thallus, die lange deutlich von einander unterscheidbar sind. Die einzelnen Gonidien sind in den

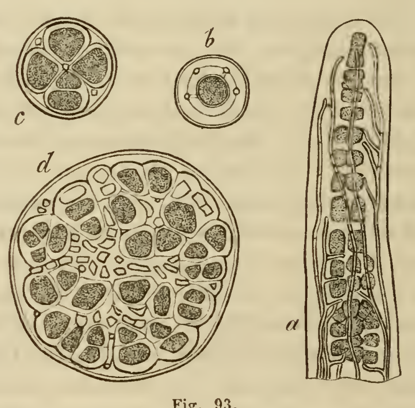


Fig. 93.

älteren Theilen in der Regel noch grösser als die primären Gliederzellen, der Thallus nimmt daher nach unten an Dicke beträchtlich zu. Die Gonidien haben im Wesentlichen die Structur von denen der Gallertflechten oder der Zellen der Nostocaceen, sie sind blaugrün oder bräunlichviolett gefärbt. Achtet man allein auf die bisher beschriebenen Erscheinungen, so ist nicht der mindeste Grund vorhanden, Ephebe zu den Flechten zu stellen, vielmehr scheint sie in die nächste Nähe der Nostocaceengattung Sirosiphon Kg. zu gehören, wo sie schon Agardh und Kützing (Spec. alg. p. 318) als Stigonema atrovirens Ag. hinstellten. Erwärmt man aber die Thallusenden in Kalilösung, so treten innerhalb der sich entfärbenden und quellenden Gallerthülle zarte, farblose, mit Querwänden ver-

Fig. 93. Ephebe pubescens Fr. *a* Thallusspitze nach Erwärmung in Kalilösung. *b, c* Querschnitte durch den obersten, *d* solcher durch den unteren älteren Theil eines Astes. Die Gonidien sind durch die punctirte Schattirung bezeichnet. Vergr. 390.

sehene und verästelte Hyphen hervor. In dem obersten Ende verlaufen diese gerade, longitudinal rings um die Gonidienreihe, die 2—5 oder mehr längsten reichen meistens (nicht immer) bis zur Scheitelzelle oder neigen über dieser zusammen. Schon wenig unterhalb der Spitze sind die Hyphen reichlicher verästelt und bilden ein netzartiges Geflecht um die Gonidienreihe; zugleich dringen ihre Zweige gegen die Mitte des Thallus zwischen die Gonidien ein, sich hier weiter verästelnd und letztere verschiebend. In den älteren Theilen des Thallus verzweigen sich die Hyphen vorzugsweise in der Mitte, und zwar in dem Grade, dass sie die Gonidien gegen die Peripherie hin drängen, die Mitte zuletzt vorwiegend von dem Hyphengeflechte gebildet wird. Die Hyphen selbst werden dabei stärker und weiter als in der jugendlichen Spitze (Fig. 93).

Neubildung von Gonidien an den Hyphen ist nie beobachtet worden.

Wo ein Zweig entsteht, gliedert sich, wie bei dem Thallus von Sirosiphon, eine seitliche Ausstülpung einer Gonidie zur Scheitelzelle des Astes ab, dessen Gonidienreihe sich dann in der beschriebenen Weise verlängert; und gleichzeitig treiben die Hyphen des Stammes Zweige, welche die Astreihe umgeben und mit ihr weiterwachsen, wie angegeben wurde. An den Befestigungsstellen treten Hyphenzweige als Wurzelhaare aus der Oberfläche hervor, wie bei den unberindeten Gallertflechten.

Der Thallus von Ephebe besteht somit gleich dem der übrigen Lichenen, und speciell der Gallertflechten aus den zweierlei Hauptelementen: Gonidien und Hyphen; er ist von jenen allerdings wesentlich durch die Anordnung und Vermehrung der Gonidien verschieden.

Aus dem mitgetheilten Sachverhalte erklären sich die Widersprüche, welche über Ephebe auch in neuester Zeit noch bestehen (über die älteren Angaben vergl. Bornet, in Ann. sc. nat. 3 Sér. T. 18). Zu den Lichenen wurde Ephebe gestellt vorzugsweise auf Grund der an ihr gefundenen Apothecien. Bei der ohne Einwirkung von Reagentien anscheinend unzweifelhaften Nostocaceenstructur ist es daher begreiflich, wenn Hepp (Lichen. Europ. exsicc. Nr. 712) und Stitzenberger (Hedwigia II, 1) im Anschluss an die älteren Algologen den Thallus von E. für eine Alge und die Apothecien für Organe eines Schmarotzerpilzes erklärten. Freilich weisen schon die Darstellungen Bornet's (l. c.) und noch deutlicher Nylander's (Syn. p. 90, Tab. II.) auf die von Algen verschiedene Structur des älteren Thallus hin. Klar dargestellt wurde diese aber wiederum erst durch Schwendener (Flora 1863, p. 241). Es darf übrigens nicht verschwiegen werden, dass die Parasitenansicht zur Zeit zwar minder wahrscheinlich, aber keineswegs völlig ausgeschlossen ist, indem auch der sterile Thallus von Ephebe gebildet sein könnte aus einem Sirosiphon und einem die Zellwandungen dieses durchwuchernden Pilzmycelium.

Wie Schwendener (l. c.) gleichfalls schon angedeutet hat, stimmt der Thallus von Gonionema Nyl. und Spilonema Born. (Nyl. Synops. p. 88, Bornet, Mém. Soc. Sc. nat. Cherbourg IV, p. 226, pl. 1, 2) mit dem von Ephebe in allen wesentlichen Puncten überein — auch darin, dass sämmtliche Zellmembranen nach Einwirkung von Kali durch Iod tiefblaue Farbe annehmen.

Auch der Bau von Itzigsohn's Ephebella Hegetschweileri (Hedwigia I, 123) erinnert an den der soeben beschriebenen Formen, wenn er auch die Annahme einer Parasitenwucherung noch näher legt, als diese. Wie Itzigsohn,

Hepp, Stitzenberger schon beschreiben, zeigt der frische Thallus, im Wasser liegend, genau die Structur und Verzweigung der Nostocaceengattung Scytonema: innerhalb einer braunen dicken Gallertscheide eine einfache Reihe phycochromhaltiger Zellen, durch Quertheilung der Scheitelzelle und der Gliederzellen in die Länge wachsend, mit einzelnen theilungsunfähigen Interstitialzellen; und eine scheinbare Verzweigung, dadurch zu Stande kommend, dass sich die in die Länge wachsenden Stücke der Zellreihe neben den Interstitialzellen vorbeischieben und seitlich ausbiegen. Nach Erwärmen mit Kali bemerkt man aber auch hier die ganze Gallertscheide, bis zur Scheitelzelle hin, durchwuchert von einem dichten Geflechte vorzugsweise longitudinal laufender äusserst dünner farbloser Hyphen. Zwischen die blaugrünen Zellen (Gonidien?) sah ich diese nie eindringen.

4. Ganz eigenthümlich, wenn auch in mancher Beziehung an Ephebe erinnernd, ist der Bau des Thallus von Coenogonium Ehr. und der nur steril bekannten Gattung Cystocoleus Thwaites (Racodium Fries, S. veg. scand.). Wie Thwaites (Ann. Mag. nat. hist. 2. Ser. vol. III) für letztgenannte Gattung, Schwendener (Flora 1862, p. 225) und Karsten (Geschlechtsleben d. Pfl., p. 42) für die andere beschrieben haben, besteht der Thallus (Fig. 94) aus conferven-artigen, selten bis $^1/_{50}$ Mm. dicken ästigen Fäden, die bei Coenogonium zu einem flachen, fächerförmigen Körper verfilzt sind, bei Cystocoleus aufrechte Räschen bilden. Die Mitte der Fäden wird eingenommen von einer Reihe gestreckt-cylindrischer Zellen mit farbloser Cellulosehaut und (durch Chlorophyll?) grün gefärbten Inhalte, Zellen, welche den Gonidien verglichen werden können. Diese Gonidienreihe verlängert sich, soviel bekannt, durch Spitzenwachsthum. Sie wird umgeben von einer Schichte longitudinal verlaufender, septirter Hyphen, welche der Reihe fest anliegen und über dem Scheitel derselben mit ihren Enden zusammenneigen. Bei Cystocoleus sind dieser Hyphen in der Regel 5 bis 6, sie haben dunkelbraune, derbe Membranen, farblosen Inhalt und bilden eine überall lückenlos geschlossene Rinde oder Scheide um die Gonidienreihe. Bei Coenogonium sind sie oft zahlreicher, zart, ganz farblos, und seitlich Lücken zwischen sich lassend, die Gonidienreihe also wie ein durchbrochenes Netz umspinnend. Die Verästelung des Thallus geschieht in wesentlich der gleichen Weise wie bei Ephebe. Eine Gallerthülle ist nirgends vorhanden; genetische Beziehungen zwischen den Gonidien und Hyphen und Eindringen der letzteren zwischen jene bis jetzt nicht beobachtet.

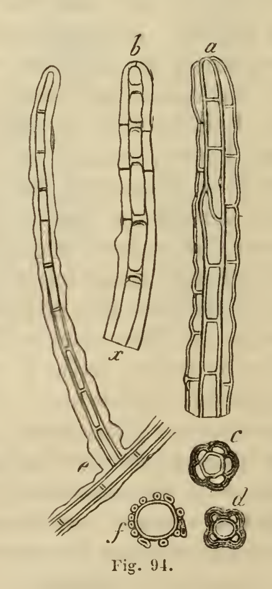


Fig. 94.

Fig. 94. *a—d* Cystocoleus ebeneus Thw. Vergr. 390. *a* Astende, von der Aussenseite gesehen. *b* Solches im optischen Längsschnitt, *x* Gonidienreihe; beides nach Präparaten, welche mit Schulze'scher Mischung durchsichtig gemacht sind. *c, d* Querschnitte.

e, f Coenogonium Linkii Ehrb. *e* (Vergr. 390) dünner Thallusast mit einem Seitenzweig; optischer Längsschnitt. *f* Querschnitt durch einen stärkeren Ast, 300mal vergr. nach Schw.

Es ist endlich, insonderheit durch Tulasne, eine Anzahl Flechten beschrieben worden, welche des Lichenenthallus völlig entbehren; so die Genera Abrothallus de Not, Scutula Tul., Celidium Tul., Phacopsis Tul., Sphinctria de Not., u. a. (Körber, Parerg., p. 452). Die Apothecien, Pycniden und Spermogonien dieser Pflanzen sitzen auf einem unbedeutenden, faserigen oder pseudoparenchymatischen Träger dem Thallus anderer Lichenen auf, sie schmarotzen auf demselben. Ihr Gewebe schliesst sich an das ihres Wirthes unmittelbar an, ein in diesen eindringendes Mycelium ist nicht beobachtet worden. Da diese Parasiten der einzigen Organe, deren Besitz die Lichenen von den Ascomyceten auszeichnet, nämlich der Gonidien, ermangeln, so scheint mir kein Grund vorzuliegen, sie zu den Lichenen und nicht zu den Pilzen zu stellen, denen sie auch Montagne (Ann. Sc. nat. T. XVI, 3e Sér., p. 78) angereiht hat.

Capitel 9.

Fortpflanzungsorgane der Flechten.

I. Die Soredien.

Mit dem genannten Namen werden seit Acharius pulverige Massen bezeichnet, welche bei sehr vielen Flechten an die Oberfläche des Thallus treten, oft dicke, polster- oder wulstförmige Körper bildend, regellos über den Thallus zerstreut, oder an bestimmte Orte, z. B. den Rand der Lappen gebunden. Aechte Soredien kommen nur den heteromeren Flechten zu. Beispiele dafür liefern viele Genera, wie Usnea, Bryopogon, Ramalina, Evernia, Imbricaria, Physcia, Parmelia, Pertusaria u. s. f. — man vergleiche die descriptiven Werke. Uebermässige Entwickelung von rundlichen, Apothecien entfernt ähnlich sehenden Soredienhaufen auf krusten- und laubartigem Thallus, mit gleichzeitigem Ausbleiben der Apothecienbildung, bedingt die Entstehung der Formen, welche Acharius in das Pseudogenus Variolaria stellte. Seit Wallroth, Meyer, E. Fries ist die Natur dieser Bildungen allgemein bekannt; Pertusaria-, Parmelia-, Lecanoraarten zeigen, nach Meyer (Flechten, p. 198), die Variolarienbildung vorzugsweise. — Manchen heteromeren Formen, z. B. Lecidea geographica und Verwandten, scheint die Soredienbildung ganz zu fehlen.

Es ist wiederum Schwendener's Verdienst, die ganze Entwickelung der Soredien zuerst klar dargelegt zu haben, nachdem allerdings Tulasne (Mém. p. 24) ihren Bau schon naturgetreu geschildert hatte. Die wohl vorzugsweise durch unzureichende Mikroskope veranlassten, an sich schwer verständlichen Angaben älterer Beobachter erklären sich leicht durch genannte Untersuchungen, und letztere allein sind bei der folgenden Darstellung zu berücksichtigen.

Die Soredien (Fig. 95) entwickeln sich in der Gonidienzone, und zwar (mit Ausnahme von Roccella) dadurch, dass Gonidiengruppen mit eigenthümlichen Hyphen- oder Faserhüllen umgeben werden. Bei der oben beschriebenen Ver-

mehrung der Gonidien bleibt die ursprüngliche Stielzelle unverändert oder theilt sich höchstens durch Querwände. Die Sorediencntwickelung beginnt mit der Bildung und Theilung eines Gonidiums. Wo die hieraus entstandene Gruppe der ursprünglichen Stielzelle aufsitzt, treibt letztere eine bis zwei Ausstülpungen,



Fig. 95.

welche zwischen die Theilzellen ins Innere der Gruppe eindringen und sich hier, unter Bildung von Querwänden, nach allen Seiten verzweigen (*a*, *b*). Ihre Zweige wachsen gegen die Oberfläche der Gruppe, und auf dieser, den Gonidien fest angeschmiegt weiter, oft wiederum Aeste zwischen die Theilzellen ins Innere zurücksendend. Dieses Wachsthum dauert in der Regel fort, bis jede Theilzelle von einem dichten Geflechte von Hyphen umsponnen ist (*c*), welches entweder faserige oder (Physcia parietina) pseudoparenchymatische Structur erhält. Bei manchen Flechten (z. B. Bryopogon Pannaria) bleibt das Hyphengeflecht unvollständig. Die umsponnenen Gonidien wachsen rasch und theilen sich (*d*), die Theilzellen erhalten wiederum Faserhüllen, welche sie von der ursprünglichen aus umwachsen. Indem dieser Process sich ohne bestimmte Grenze wiederholt, häufen sich die beschriebenen Körper unter der Rinde dergestalt an, dass sie auf dieselbe einen bedeutenden Druck ausüben und sie endlich vortreiben und durchbrechen. Die aus dem oft weit klaffenden Risse hervorbrechende Soredienmasse wird durch ein lockeres Fasergeflecht lose zusammengehalten, welches aus einzelnen, von den Hüllen auswachsenden Hyphenzweigen, die sich zwischen die primären Markfasern einflechten, und auch wohl aus Wucherungen der letzteren besteht. Da die Fasern der Hüllen vorzugsweise der Oberfläche der Gonidien parallel laufen, so trennen sich die Gruppen leicht in der Art, dass die einzelnen, von ihrer Hülle umsponnenen Gonidien isolirt werden.

Schwendener nennt das einzelne Gonidium sammt seiner Hülle Soredium, und diese Bezeichnung soll hier beibehalten werden. Die Anhäufungen der in Rede stehenden Organe sind somit Soredienhaufen (Sori). Dem ursprünglichen Sinne des Wortes nach bedeutet Soredium allerdings eher den ganzen Haufen.

Auch nach dem Hervorbrechen aus der Rinde und selbst nach der Trennung und Ausstreuung kann die Vermehrung der Soredien auf die beschriebene Weise unbegrenzt weiter gehen; letzteres z. B. in den an beschatteten Orten häufigen gelben oder grünlichen »Soredialanflügen« der Physcia parietina. Bei allen diesen Processen behalten die Gonidien ihre ursprüngliche (im achten Capitel

Fig. 95. Usnea barbata. Soredienentwickelung. Nach Schwendener (Vergr. 500 bis 700). *a* Gonidiengruppe von 8 Zellen, nach Einwirkung von Iod. Verzweigung des eindringenden Stiels beginnend. *b* Aehnliche, ebenfalls mit Iod behandelte Gruppe. Verzweigung des Stiels weiter vorgeschritten. *c* Fertiges Soredium, optischer Längsschnitt. *d* Ebenso, Gonidien wiederum getheilt. *e* Keimendes Soredium, das bereits einen Scheitel gebildet hat. *f* Ebensolches, weiter entwickelt.

beschriebene Beschaffenheit und Farbe. Ein Auswachsen derselben in Hyphen, welches früher oft behauptet wurde, kommt nach den jetzigen Kenntnissen nie vor. Die von der gelbgrünen oder blaugrünen verschiedenen Farben der Soredien, wie die lebhaft gelbe bei Sticta crocata, die bläuliche bei Parmelia caesia u. s. f. rühren nicht von den Gonidien, sondern von ihren Faserhüllen her und kommen in diesen auf dieselbe Weise zu Stande, welche im vorigen Capitel für Mark- und Rindenschicht beschrieben wurde.

Unter geeigneten äusseren Bedingungen vermag sich das Soredium zu einem neuen Thallus zu entwickeln. Auch hierbei bleiben die Gonidien, ausser dass sie sich auch fernerhin theilen, unverändert, wachsen nicht in Hyphen aus. Die Veränderungen betreffen lediglich die fibröse Hülle, deren Elemente sich vermehren, Haftfasern treiben und allmählich die Anordnung und Differenzirung wie im ausgebildeten Thallus annehmen. Bei laubartigen Formen entsteht, wie die Beobachtung an Physcia parietina gezeigt hat, der neue Thallus oft aus der Vereinigung zahlreicher Soredien. Dass jedoch ein einziges Soredium mit einer Gonidie zur Erzeugung eines Thallus genügt, ist nach Schwendener's Beobachtungen bei Usnea unzweifelhaft. An der vom Substrat abgekehrten Seite des einfachen Sorediums (Fig. 95 e, f) treibt hier die Faserhülle Aeste, welche nach derselben Richtung und dicht aneinanderschliessend weiter wachsen und in ihrem ganzen ferneren Verhalten mit den Hyphen einer Thallusspitze, wie sie im vorigen Capitel beschrieben wurde, übereinstimmen. Auf der unteren, das Substrat berührenden Seite, treibt die Hülle zerstreute, unregelmässige Aeste, welche als Wurzelhaare den jungen Thallus an jenes befestigen.

Die Soredien von Usnea entwickeln sich nach Schwendener häufig zu Individuen, welche mit dem Mutterthallus verbunden bleiben in Form rechtwinkelig abstehender Aeste (Soredialäste). Von den aus einer Rindenöffnung hervorgetretenen Soredien wächst eines rasch in der soeben beschriebenen Weise, drängt die andern zur Seite und nimmt bald die ganze Breite der Oeffnung ein, sie pfropfartig verschliessend. In seiner weiteren Ausbildung erhält es die Eigenschaften eines Thallusastes, seine Markhyphen dringen gleich denen der Adventiväste in den Medullarstrang des Stammes ein, sich strahlig in demselben ausbreitend; nur die Rinde geht nicht ununterbrochen in die des Stammes über, sondern legt sich dieser blos an.

Die von den übrigen verschiedenen Soredienhaufen von Roccella bestehen nach Schwendener aus einem lockeren lufthaltigen Geflecht vielfach verästelter Fasern, mit Tausenden von zarten Enden und zahlreichen in Vermehrung begriffenen Gonidien. Die Bildung der Soredien scheint auf localen Wucherungen der peripherischen Markhyphen und Neubildung von Gonidien an ihren Zweigen (nicht Theilung erstvorhandener) zu beruhen.

Unter den Graphideen kommen bei Opegrapha varia und ähnlichen Rindenbewohnern auf der Oberfläche des Thallus oft mehr oder minder zahlreiche freie rothbraune Gonidien und kurze Gonidienketten vor, welche von einzelnen Hyphen umsponnen sind und hierdurch an die Soredien erinnern. Diese Gonidien sind durchschnittlich grösser als die im Thallus eingeschlossenen, rund und vorzugsweise von dem Seite 261 erwähnten rothbraunen Oele erfüllt. Ihr Freiwerden erklärt sich leicht durch die allmähliche Abschuppung der ober-

flächlichen, den Thallus bedeckenden Peridermalagen. Ob sie sich wiederum zu neuen Thallusindividuen ausbilden können, ist unbekannt.

Den Gallertflechten kommen keine eigentlichen Soredien zu, dafür aber Prolificationen, Auswüchse, welche sich von dem Thallus trennen und zu neuen Individuen entwickeln. Dieselben enthalten von Anfang an beiderlei Gewebselemente. Sie sind, wenigstens bei Collema und Verwandten, sehr häufig und stellen die bekannten Körnchen dar, mit denen der Thallus oft bestreut erscheint.

Nach den mitgetheilten Thatsachen sind die Soredien entschieden ungeschlechtliche Propagationsorgane, und zwar, insofern sie aus einer besonderen Entwickelung und Abtrennung von Theilen des Vegetationsorgans hervorgehen, den Brutknospen höherer Gewächse zu vergleichen. Diese Anschauung wird schon von Fries (Lich. Eur. p. LVI) bestimmt ausgesprochen. Die Entwickelung junger Individuen aus den Soredien ist schon seit Micheli vielfach beobachtet worden.

II. Spermogonien.

Tulasne hat in seinem Mémoire sur les Lichens zuerst nachgewiesen, dass unter den Lichenen Spermogonien und Spermatien allgemein verbreitet sind, welche denen der Ascomyceten in allen wesentlichen Puncten genau entsprechen. Nach den seitdem bekannt gewordenen Erfahrungen der Systematiker, besonders Nylander's, und der Arbeit von Lindsay (Transact. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 22, Part I, p. 101—303, plate 4—15), welche die Darstellung der Spermogonien an einer sehr grossen Anzahl Gattungen und Arten zum Gegenstand hat, kann man jetzt mit Bestimmtheit sagen, dass diese Organe fast allen Genera und Species zukommen. Eine Ausnahme machen unter den genauer untersuchten die Arten der Gattung Solorina, bei welchen noch keine Spermogonien gefunden wurden, und in gewissem, unten zu erörterndem Sinne auch Peltigera. Ferner dürften hier Myriangium und Siphula zu nennen sein.

Die Spermogonien kommen bei relativ wenigen »diöcischen« Flechten (z. B. Spilonema Born.) Ephebe pubescens Fr. auf besonderen, nicht apothecientragenden Individuen vor, während andere Individuen nur Apothecien tragen. Bei der überwiegenden Mehrzahl kommen sie mit den Apothecien auf demselben Thallus vor, entwickeln sich gleichzeitig mit diesen oder als Vorläufer derselben, und sind, oft in sehr grosser Zahl, entweder ordnungslos über die Thallusfläche zerstreut, oder sitzen (bei Nephroma, Lichina, Cladonia, Sphaerophoron u. a.), ähnlich wie die Apothecien, am Rande des Thallus oder an den Spitzen seiner Zweige.

Alle Flechtenspermogonien sind, gleich den Seite 167 und 168 für viele Pyrenomyceten beschriebenen, Conceptakeln welche nur mittelst eines sehr engen Canals nach aussen münden (Fig. 96). In den meisten Fällen sind sie der Oberseite, bei den soeben genannten Formen (Lichina, Cladonia etc.) dem Rande oder den Spitzen des Thallus eingesenkt, ihr oberer Theil mit dem Mündungscanal ragt oft in Form einer Papille vor und ist dann meistens durch dunkle, braune Färbung ausgezeichnet. Die Gestalt der Spermogonien ist entweder rundlich, mit glatter einfacher Höhlung, oder letztere ist, wie Seite 167 beschrieben wurde,

gyrös ausgebuchtet und gekammert, das Ganze alsdann unregelmässig gelappt. Ueber ihren Bau ist dem a. a. O. und Seite 100 Gesagten nichts Wesentliches hinzuzufügen. — Die äusseren Zelllagen ihrer Wand, welche unmittelbar von den angrenzenden Mark- und Rindenhyphen entspringen, sind oft mit derben, braunen Membranen versehen, die inneren sehr zart, farblos. Von letzteren entspringen, nach der Mitte convergirend und die ganze Höhlung bis auf einen engen Mittelraum ausfüllend, die Spermatien abschnürenden Sterigmen. Diese bestehen je nach den Genera entweder aus einer einzigen (?) gestreckt-cylindrischen Zelle, oder einer ästigen Reihe solcher und bilden dann die Spermatien nur auf den Zellen- und Astenden (Fig. 96 *C*, Sterigmata Nylander); oder sie stellen vielgliedrige Reihen von Zellen dar, die wenig länger als breit sind, und deren jede dicht neben ihrem oberen Ende Spermatien abschnürt (Fig. 96 *B*, Arthrosterigmata Nyl.). Die Spermatien sind kleine, stabförmige, schmal spindelförmige oder schmal längliche Körperchen, von deren Bau, Menge, Entleerung, Keimungsunfähigkeit nach den vorliegenden Untersuchungen Alles gilt, was über die Pilzspermatien im fünften Capitel gesagt wurde, auf welches daher zu verweisen ist. [1])

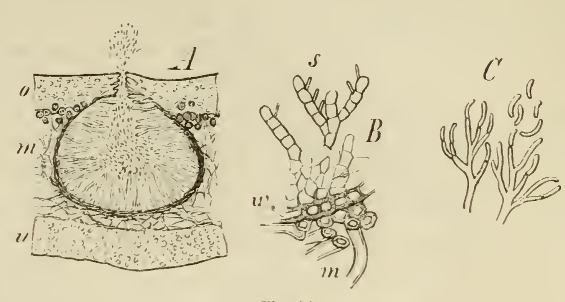


Fig. 96.

Nach Lindsay (l. c.) kommen bei Roccella Montagnei Bél. zweierlei Spermogonien vor: 1) kleine punctförmige, ohne sterile Fäden im Innern und mit sehr zarten gekrümmten Spermatien, und 2) grössere, mit kurzen, ziemlich dicken stabförmigen Spermatien auf langen Sterigmen, zwischen welchen zarte anastomosirende Hyphen verlaufen. Eine ähnliche Dimorphie fand L. bei Opegrapha vulgata Ach.

Gibelli (Sugli org. reprod. del gen. Verrucaria, Mem. Soc. ital. di Sc. natur. Vol. I) gibt an, dass bei einer Anzahl Verrucarieen, besonders bei denen mit einfachen Sporen und paraphysenfreiem Hymenium, keine eigentlichen Spermogonien vorkommen, sondern der untere Theil des Apotheciums von den Asci, der obere von spermatienbildenden Sterigmen ausgekleidet wird; was mit den Angaben anderer Beobachter im Widerspruch steht.

Bei der allgemeinen Verbreitung der Spermogonien ist es fast selbstverständlich, dass dieselben auch bei den Flechten älteren Beobachtern nicht entgangen

Fig. 96. *A*, *B*. Gyrophora cylindrica. *A* Senkrechter Durchschnitt durch die Mitte eines Spermogonium und den angrenzenden Thallus. *o* Obere, *u* untere Rindenschicht, *m* Markschicht des letztern. Vergr. 90. *B* Stück eines sehr dünnen Schnitts durch den Grund eines Spermogoniums, 390mal vergr. *s* Sterigmen mit stabförmigen Spermatien. *w* die braunhäutige, äussere Zellenlage der Wand, *m* Markhyphen. — *C* Sterigmen und Spermatien von Cladonia Novae Angliae Delise, stark vergr., nach Tulasne.

1) Massalongo's Namen Spermatokalia, Erismata und Tromodoblasti für Spermogonien, Sterigmen und Spermatien mögen hier beiläufig erwähnt sein.

sind. Sie wurden von diesen, ähnlich den gleichnamigen Organen der Ascomyceten, vielfach für die Perithecien besonderer (parasitischer) Pyrenomycetenarten gehalten; oder für abortirte oder »anamorphotische« Apothecien, oder für Organe besonderer Flechtenspecies (vgl. Tulasne, l. c. p. 153). Bayrhoffer hielt sie für Apothecienanfänge oder verwechselte sie mit solchen. Kurz vor der ausführlichen Publication ihrer Entdeckung durch Tulasne machte Itzigsohn auf sie aufmerksam als auf die Antheridien der Flechten, in welchen spiralig gewundene, lebhaft bewegliche Spermatozoiden gebildet werden sollten. Letztere traten indessen nur nach Maceration in Wasser auf und erwiesen sich in der Folge als Spirillen, welche sich bei der Fäulniss im Wasser eingefunden hatten. (Vgl. Bot. Ztg. 1850, p. 393, 913; 1851, p. 152.)

III. Pycniden. Stylosporen.

Bei ganz einzelnen Flechtenarten hat man Conceptakeln gefunden, welche den Spermogonien ähnlich sind, auf ihren Sterigmen aber grössere Fortpflanzungsorgane, als die Spermatien sind, abschnüren. Sie gleichen hierdurch den Pycniden der Ascomyceten, ihre Producte den Stylosporen dieser, sie werden daher mit den gleichen Namen bezeichnet. Durchaus berechtigt ist diese Benennung für diejenigen Fälle, wo neben den Pycniden noch ächte Spermogonien vorkommen. Ausser den parasitischen, thalluslosen, und wie oben bemerkt wurde, eher zu den Pilzen zu stellenden Genera Scutula und Abrothallus, bei denen Tulasne die Pycniden auffand, gehören hierher nach Lindsay (l. c.) Bryopogon jubatus Kbr., Imbricaria saxatilis und sinuosa Kbr. Gibelli (l. c.) fand Pycniden bei »Verrucaria carpinea Pers.«, Sagedia carpinea Mass., S. Zizyphi Mass., S. callopisma Mass., S. Thuretii Kbr., Pyrenula minuta Näg., P. olivacea Pers., Verruc. Gibelliana Gar. Fuisting fand sie bei Opegrapha varia, Acrocordia gemmata Mass., Acrocordia tersa, Sagedia netrospora Hepp, Sagedia aenea (vergl. Gibelli, Sugli org. reprod. del gen. Verrucaria. Mem. Soc. Sc. nat. Ital. Vol. I). Die Stylosporen sind bei Alect. jubata, Acroc. tersa einzellig, bei den genannten Op. varia, Acr. gemmata, Sagedia und den von Gibelli beschriebenen septirt. Ihre Keimung wurde nicht beobachtet.

Bei Peltigera sind durch Tulasne randständige Conceptakeln bekannt geworden, in welchen ovale, relativ grosse Zellen von Sterigmen abgeschnürt werden. Die Keimung derselben ist nicht bekannt. Tulasne nennt diese Organe Spermogonien, Nylander und Lindsay Pycniden. Anderweitige Spermogonien sind unbekannt, und die das Maass der übrigen Spermatien überschreitende Grösse genannter Zellen der einzige Grund, welchen Lindsay und Nylander zur Zeit geltend machen können. Nach den bei den Pilzen vorliegenden Erfahrungen ist es rein Sache der Willkür, den einen oder den anderen Namen zu wählen.

Bei Lecidea sabuletorum oder einer verwandten Form fand Berkeley angebliche Stylosporen (oder Conidien) nicht in Pycniden, sondern in den Apothecien, zu mehreren nebeneinander den Enden der Paraphysen aufsitzend (vgl. Ann. Mag. Nat. hist. 2d Ser. Vol. IX, und Crypt. Bot. p. 391); — eine Beobachtung, von der Tulasne (l. c. 110) gewiss mit Recht andeutet, dass sie noch sehr der Bestätigung bedarf.

IV. Apothecien.

Die Apothecien der Flechten gleichen sowohl ihrer Form, als ihrer Structur nach theils den Fruchtträgern der Discomyceten, z. B. Pezizen, Hysterien (Lichenes gymnocarpi) theils den Perithecien der Pyrenomyceten (Lich. angiocarpi). Unter Hinweisung auf diese (Capitel 3, 4) können dieselben daher hier kurz behandelt werden.

1. Entwickelung und Bau des Apotheciums.

Nach Schwendener's und Fuisting's Untersuchungen kann gegenwärtig für alle Lichenen (Coenogonium ausgenommen) behauptet werden, dass die Entwickelung der Apothecien im Innern des Thallus beginnt; bei den heteromeren meistens (immer?) unterhalb der Rindenschicht, im unteren Theile der Gonidienzone, oder, bei manchen Krustenflechten, in dem tiefsten, dem Substrat unmittelbar angrenzenden Theile des Thallus; bei den hypophlöodischen Graphideen ebenfalls in letztgenannter Region; bei den Gallertflechten, denen sich Ephebe und Verwandte anschliessen wird, eine Strecke weit innerhalb der Oberfläche.

Die erste Anlage der gymnocarpen Apothecien ist bei den untersuchten heteromeren Formen ein rundliches, kleines (bei Lecanora cerina Hedw. z. B. kaum $^1/_{100}$ Mm. grosses) Knäuel ordnungslos verflochtener Hyphen, von dessen ganzer der Rinde zugekehrter (äusserer) Seite sich sehr frühe ein dichtes Büschel nach aussen gerichteter, zarter und verzweigter Fäden, die ersten Paraphysen erheben. Eine äusserste, oben offene, je nach dem Einzelfalle verschieden mächtige Schicht solcher Fäden umgibt das Paraphysenbüschel und verläuft in die Oberfläche des primären Knäuels; diese Schicht ist als Excipulum zu bezeichnen, freilich nicht ganz in dem Sinne, in welchem die bisherige beschreibende Lichenologie dieses Wort gebraucht. Das Excipulum entsteht entweder gleichzeitig mit den ersten Paraphysen, so zwar, dass die äussersten Reihen des Büschels zu den Fasern des Excipulums werden (Placodium, Lecanora, auch wohl Lecidea u. s. w.), oder das Excipulum ist früher als die Paraphysen vorhanden (Blastenia ferruginea Huds. nach Fuisting). Indem nun die Fäden des primären Paraphysenbüschels in die Länge wachsen und neue, sich senkrecht zwischen die ersten einschiebende Aeste treiben; indem ferner das Excipulum durch Bildung neuer, sich einschiebender Fasern seine Fläche überall vergrössert; indem dasselbe endlich durch Neubildung in seinem Rande wächst und innerhalb dieses fortwährend neue Hyphenzweige treibt, welche den primären Paraphysen gleich sind und sich diesen aussen anlegen; indem alle diese Processe gleichzeitig erfolgen, wächst das junge Apothecium durch Neubildung in die Höhe und Dicke. In dem unteren Theile des ursprünglichen Paraphysenbüschels dauert die Einschiebung neuer Zweige eine Zeitlang in der Art fort, dass aus dem zuerst parallelfaserigen ein unordentlich verflochtenes, von dem primären Knäuel nicht mehr unterscheidbares Geflecht entsteht. Der Neubildung folgt unmittelbar Vergrösserung durch Ausdehnung der vorhandenen Elemente. Das ganze Wachsthum ist am ersten in der Mitte des Apotheciums vollendet, am längsten, und oft lange nach dem Hervortreten des Apotheciums an die Thallusoberfläche, dauert es in dem oberen Rande des Excipulums und dicht unterhalb desselben in der bezeichneten Weise fort, hier werden daher dem Apothecium andauernd neue Formbestandtheile durch Apposition hinzugefügt.

Die Asci entstehen nach Schwendener und Fuisting in eigenthümlicher Weise.

Schon in dem jugendlichen Knäuel und zwischen den ersten Anlagen der Paraphysen sieht man dickere, protoplasmareiche, querwandlose Hyphen mit zahlreichen Verzweigungen zwischen die übrigen eingeflochten (Fig. 97 *sh*). Aufrechte, zwischen die Paraphysenenden sich einschiebende Astenden dieser Hyphen werden zu den keulenförmigen Asci, — daher Schlauchfasern, Schlauchhyphen. Die Schlauchfasern sind von den Paraphysen besonders leicht zu unterscheiden dadurch, dass sich ihre Membran, nach Einwirkung von Kali, durch Iod blau färbt, während die jener farblos bleibt. Schon frühe verschwinden sie aus dem unteren Theile der Apotheciumanlage und bleiben nur in einer schmalen Schicht erhalten, welche der Oberseite des Apotheciums parallel läuft und da liegt, wo die unteren Enden der reifen Asci befestigt sind. In dieser Schicht verästeln sie sich in centrifugaler Richtung in dem Maasse als der Rand des Excipulums wächst und senden neue Asci zwischen die neugebildeten Paraphysen. Die ersten Asci treten im Centrum des Apotheciums auf. Ein genetischer Zusammenhang zwischen den Schlauchfasern und den übrigen Hyphen ist nach Schwendener und Fuisting nicht zu finden. Beide bilden gesonderte, nur durcheinandergeflochtene Systeme. Ob dies bei allen Flechten der Fall und welches der erste Ursprung der Schlauchfasern sei, ist noch aufzusuchen.

Die beschriebenen Theile setzen das fertige Apothecium zusammen (siehe Fig. 97). Nach dem Angeführten ist an demselben zu unterscheiden: 1) Excipulum, 2) die Schicht, in welcher die Schlauchfasern verlaufen: Subhymenialschicht (Hypothecium nach Fuisting), 3) Hymenium: die über der Subhymenialschicht liegende Schichte, bestehend aus den parallelen Paraphysenenden (Paraphysen κατ' ἐξοχήν) und Ascis (Thalamium, Lamina proligera, sporigera, Fruchtschicht der Systematiker), 4) die durch späteres Wachsthum oft

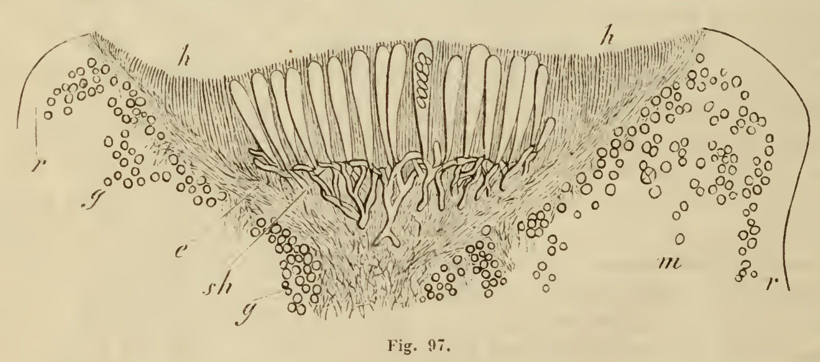


Fig. 97.

mächtig entwickelte, unter der Subhymenialschicht liegende Masse: aus den Hyphen gebildet, deren Aeste in dem Hymenium als Paraphysen endigen, und

Fig. 97. Lecanora subfusca. Senkrechter Durchschnitt durch die Mitte eines jungen Apotheciums. Vergr. 190. Der Schnitt ist durch Behandlung mit Ammoniak derart gequollen, dass die Hymenialfläche bedeutend grösser ist als im frischen Zustande. Die Ausführung der Figur ist insofern schematisch, als eine Anzahl Asci zwischen den vorhandenen weggelassen, die Schlauchfasern deutlicher als sie auf Durchschnitten in der Regel hervortreten, die Paraphysen und die Hyphen des Excipulum nur durch Striche dargestellt sind. *h-h* Hymenium. *sh* Schlauchhyphen, von denen die Asci entspringen. *e* Excipulum. *r* Rindenschicht. *m* Mark. *g*, d. h. alle die runden Körper, Gonidien des das Excipulum umgebenden Thallusrandes.

den Resten des primären Knäuels. Nach der üblichen Terminologie wird diese Gewebsmasse Hypothecium, auch Excipulum genannt; sie ist im fertigen Zustande, der Natur der Sache nach, von dem Excipulum oft schwer oder kaum zu unterscheiden.

Früher oder später wölbt das sich vergrössernde Apothecium die darüber liegenden Thallusschichten empor und durchbricht sie schliesslich, so dass mindestens das Hymenium frei liegt. Die bedeckenden Thallusschichten verhalten sich hierbei entweder so zu sagen passiv, sie werden durch das wachsende Apothecium zur Seite gedrängt, zerreissen über der Oberseite des Apotheciums, und die Stücke sterben ab, das Hymenium und der Rand des Excipulum treten über die Thallusoberfläche, in letzterem dauert auch nach dem Hervortreten das Wachsthum fort (Apothecia lecidina, biatorina). Oder die den Rand des Excipulums umgebende Thallusportion wächst mit diesem, so dass die Aussenfläche des Excipulums bedeckt bleibt von einem aus Mark, Rinde und Gonidienzone bestehenden Thallusüberzug, welcher entweder bis zu dem Rande des Excipulums reicht (Apothecia lecanorina) oder von diesem überragt wird (Apoth. zeorina, eine, wie Schwendener mit Recht urgirt, nicht durchführbare Unterscheidung). In dem ersten Falle hat das Apothecium ein Excipulum proprium nach dem üblichen Sprachgebrauch, welches entweder einen leisten- oder wulstförmigen Rand um das Hymenium bildet, oder durch starke Wölbung des letzteren zurückgeschlagen und bei dem unversehrten Apothecium undeutlich wird (Lecidea, Biatora). In dem zweiten Falle redet die übliche Terminologie von einem Excipulum thallodes, richtiger von einem (das eigentliche Excipulum einschliessenden) Thallusrande oder Thalluswulst. Das Excipulum ist hier dem Markgeflecht eingesetzt, in dieses nicht selten später Hyphenzweige sendend, »wie Wurzeln in den Boden«. Die das Apothecium umgebenden Markhyphen bilden bei vielen Formen später zahlreiche Gonidien, so dass dessen Basis und Excipulum einer Gonidienzone aufgesetzt erscheinen.

Die Entwickelungsgeschichte, welche hier zu skizziren versucht wurde, gründet sich zunächst auf eine Reihe eingehender, von den genannten beiden Autoren mitgetheilter Untersuchungen an Arten von Placodium, Lecanora, Zeora, Callopisma, Lecidea, Blastenia, Bacidia, Pannaria. Nach den vorliegenden vereinzelten und durch ausgedehnte Untersuchungen noch zu vervollständigenden Daten kann jedoch wohl mit Bestimmtheit behauptet werden, dass das gymnocarpe Apothecium überall in wesentlich der gleichen Weise als Neubildung im Thallus entsteht, und wesentlich die gleiche Organisation zeigt. Die grosse Mannigfaltigkeit der Formen, in denen es bei den verschiedenen Genera auftritt, wird sich auf die verschiedene relative Mächtigkeit der einzelnen Theile und reine Gestaltdifferenzen reduciren. Für die Parmeliaceen, die Collemen kann dies wohl mit aller Sicherheit behauptet werden. Ebenso im Wesentlichen für Peltigera und Solorina, wo das schildförmige, unberandete Apothecium unter der Rindenschicht, in der Gonidienzone entsteht und jene frühe wie ein Schleier abgehoben wird und abfällt (vgl. Tulasne, Mém. pl. 8). Die Stiele des Apotheciums von Baeomyces Nyl., Calycium und Verwandten sind offenbar nichts weiter als die stark gestreckte, das Hymenium weit über den Thallusrand emporhebende Basalportion des Hypotheciums. Die unberandeten Apothecien zeigen theils ein dünnes, der oberflächlichen Betrachtung entgehendes, theils ein Excipulum, welches durch starke

Wölbung der Hymenialschicht zurückgebogen und von den peripherischen Hymeniumtheilen bedeckt wird (Lecidea spec., Megalospora). Im Grunde gilt dasselbe für die Apothecien (Lirellae) der Graphideen, hinsichtlich welcher ich auf Fuisting's Dissertation verweise. Auch die wirklich exceptionellen Fälle schliessen sich nahe an die typischen an. Hervorzuheben ist von solchen Phialopsis rubra, bei der das mächtig entwickelte Excipulum anfangs ringsum geschlossen ist und später erst, durch Zerreissen und Absterben des oberen Theils geöffnet wird (seine erste Entstehung ist noch unbekannt). Vergl. Fuisting, l. c.

Auch bei Coenogonium findet, nach Schwendener's Untersuchungen, die Apothecienentwickelung wesentlich nach dem beschriebenen Typus statt, nur, wegen der eigenthümlichen Structur des Thallus (vgl. Seite 270) nicht im Innern, sondern an der Oberfläche dieses. Ueber einem kurzen, ein- bis zweizelligen Aste der confervenartigen Gonidienreihe verästeln und verflechten sich die peripherischen Hyphen zu einem runden Knäuel, an dessen dem Thallus abgekehrter Seite die Differenzirung in Hymenium und Excipulum stattfindet. Von der Basis des in allen Theilen wachsenden Apotheciums wachsen zahlreiche Hyphen gegen den Thallusast, an dem es entstand, und gegen andere benachbarte, um es an diese zu befestigen, wie ein selbständiges Gewächs an dem Boden befestigt ist. — Karsten's an sich schwer verständliche Angaben (Geschl. d. Pfl. p. 42), nach welchen der einzellige Ast der Gonidienreihe der Centralzelle eines »Archegoniums« entsprechen, von den ihm anliegenden Hyphenzweigen befruchtet werden, und in Folge hiervon die Elemente des Hymeniums durch endogene Zellbildung erzeugen soll, fand Schwendener nicht bestätigt, und den Resultaten dieses mit der Entwickelungsgeschichte der Lichenen vorzugsweise vertrauten Beobachters ist umsomehr Gewicht beizulegen, als sie in klarer Weise zeigen, wie die in Rede stehenden Apothecien mit anderen ebensowohl im jugendlichsten wie im fertigen Zustande übereinkommen.

Für weitere Eigenthümlichkeiten einzelner Genera, insonderheit die eigenthümlichen Prolificationen der Hymenialfläche von Gyrophora, ist auf die descriptive Litteratur und besonders auf Schwendener's zu citirende Arbeiten zu verweisen.

Ueber die Entwickelung der angiocarpen Apothecien hat Fuisting eine Anzahl von Beobachtungen mitgetheilt, und diese scheinen eine grosse Aehnlichkeit mit der Seite 98 dargestellten Perithecienentwickelung der Xylarien zu ergeben. In den tieferen Schichten des Thallus erscheint ein Faserknäuel, und von diesem erhebt sich ein Bündel paralleler Hyphen, welches senkrecht gegen die Oberfläche und bis zu dieser hin wächst. Das Gewebe des hierdurch entstehenden, etwa flaschen- oder kegelförmigen Körpers differenzirt sich alsbald in eine mittlere Portion, welche nach und nach zu Grunde geht, und eine äussere, die das allmählich wachsende Excipulum darstellt. Im Grunde des Excipulums sprossen die Theile des Hymeniums auf der Innenfläche hervor, in dem oberen Theil entsteht schon bei der ersten Differenzirung ein enger Mündungscanal. Mehr kann ich aus dem dunkeln Dissertationslatein nicht entziffern. Die Asci entwickeln sich wie bei den gymnocarpen Formen. In dem Mündungscanal von Pyrenula, in demselben und dem oberen Theile des Conceptaculums von Verrucaria, Thelidium, Endopyrenium, Endocarpon entwickeln sich von der Wand nach innen gerichtete zarte Haare, zwischen denen keine Asci stehen, und welche

Nylander Filaments ostiolaires, Fuisting Periphysen nennt. Sie gleichen bei Endocarpon miniatum, wo ich sie untersuchte, in ihrer Anordnung genau denen im Perithecium und Mündungscanale von Xylaria. Das Hymenium entsteht an den von Periphysen nicht occupirten Theilen der Innenfläche. Es zeigt bei Pyrenula Paraphysen zwischen den Ascis, bei den anderen genannten Genera nur letztere, ohne Paraphysen. Bei Sagedia, Acrocordia, Lembidium, Segestrella unterbleibt die Bildung des Mündungscanals. Die schwarze Wand der fertigen angiocarpen Apothecien besteht theils aus den äusseren Lagen des Excipulums, theils aus den veränderten angrenzenden Thalluselementen.

In den Apothecien von Stigmatomma cataleptum kommen Gonidien vor, welche den Raum zwischen den Periphysen ausfüllen. Fuisting hat es wahrscheinlich gemacht, dass dieselben durch Theilung von Thallusgonidien entstehen, die in den ursprünglichen Faserknäuel mit eingeschlossen werden. Die Gonidies hyméniales, welche Nylander (Syn. p. 47) bei einigen anderen, mit der genannten Flechte verwandten Arten fand, dürften den gleichen Ursprung haben.

Auch von angiocarpen Flechten sind die Apothecien vielfach noch nicht hinreichend genau, zumal auf die Entwickelungsgeschichte, untersucht.

Einen ganz anomalen, sowohl von den angiocarpen als gymnocarpen verschiedenen Bau besitzen die Apothecien von Myriangium Mont. et Berk. Den Beschreibungen zufolge liegen die länglichen oder rundlichen Asci einzeln und ordnungslos einem unregelmässigen Pseudoparenchym eingebettet. (Nylander, Syn. p. 139, Tab. IV).

Die mannigfaltigen Färbungen der Apothecien gehören jedenfalls der Mehrzahl nach den Zellenmembranen an; die der Hymeniumoberfläche öfters einer derselben aufgelagerten structurlosen Masse, welche einer Desorganisation der Paraphysenendzellen ihre Entstehung zu verdanken scheint. Andere, wie der graue Reif auf dem Hymenium von Roccella, Hagenia ciliaris, scheinen sich den körnigen Einlagerungen, welche beim heteromeren Thallus beschrieben wurden, anzuschliessen; sie bedürfen jedoch noch sämmtlich genauerer Untersuchung.

Sämmtliche dem Apothecium eigene Theile sind aus fest und lückenlos verbundenen Formelementen gebildet, und diese haben, ähnlich denen in den lückenlosen Theilen des Thallus, dicke, gallertartige Membranen. Auf Durchschnitten erscheinen die Lumina derselben, insbesondere der Paraphysen, oft einer anscheinend structurlosen, massigen, durchscheinenden Gallerte eingebettet. Durch Anwendung von Ammoniak oder Kalilösung lassen sich, wie beim heteromeren Thallus, die einzelnen Hyphen am besten isoliren. Die Gallertmembranen des Hymeniums werden vielfach durch wässerige Iodlösung sofort intensiv blau gefärbt. Auch das Hypothecium nimmt an dieser Färbung oft Theil. Durchschnitte durch ältere Hymenien scheinen sehr oft ihrer ganzen Ausdehnung nach blau zu werden, höchstens mit Ausnahme der Paraphysenenden. Wenn man jedoch die einzelnen Elemente durch Ammoniak oder Kali von einander trennt, oder sehr dünne Querschnitte oder junge, noch nicht schlauchführende Theile des Hymeniums untersucht, so zeigt sich, dass die Membranen der Paraphysen ihrer ganzen Ausdehnung nach nicht blau werden. Die Färbung tritt nur an den Membranen der Asci und Schlauchhyphen auf, sowohl den jüngeren, als den bereits entleerten, mehr oder minder desorganisirten. Dies gilt auch für diejenigen

Arten, für welche (Tulasne, Mém.) ein Blauwerden der Paraphysen angegeben wird, wie Physcia parietina, Parmelia stellaris, Peltigera aphthosa, horizontalis, es kann daher als allgemeine und vielleicht ausnahmslose Regel angenommen werden, dass besagte Färbung immer nur von den Ascis und ihren Trägern herrührt.

2. Asci und Sporen.

1. Die Asci sind nach Gestalt und Bau den keulenförmigen der Ascomyceten gleich, mit verschieden dicker, oft sehr mächtiger und undeutlich geschichteter Membran versehen, die bei Verletzung ähnliche Quellung in die Dicke zeigt, wie die Seite 109 beschriebene. Ein longitudinaler Porencanal findet sich in ihrem verdickten Scheitel bei Pertusaria und wohl auch anderwärts. Jene eigenthümliche Streckung der Innenschicht, wie sie gerade den flechtenähnlichsten Pyrenomycetenschläuchen eigen ist (Fig. 57), kommt bei Lichenen nicht vor. Die Membran ist meist deutlich gelatinös und fest mit der der umgebenden Paraphysen verklebt, was die Isolirung unversehrter Schläuche oft erschwert. Das Protoplasma der Flechtenasci ist in den meisten Fällen reich an Oeltröpfchen, es erfüllt, wie es scheint, vor der Sporenbildung immer den ganzen Schlauch von oben bis unten.

Die Sporen entstehen simultan innerhalb des Protoplasma. Ihre ersten Anfänge erscheinen als höchst zart umschriebene Zellen, welche, wie im ersten Abschnitt des vierten Capitels beschrieben wurde, allmählich die Eigenschaften der fertigen Spore annehmen. Bei der Schwierigkeit, die Asci in grösserer Menge zu isoliren und der gerade bei den grössten und leichtest isolirbaren besonders starken Trübung des Protoplasma durch Oeltröpfchen, ist es sehr schwer, die ersten Stadien der Sporenentwickelung vollständig und genau zu verfolgen. Alle bekannten Zustände deuten jedoch auf eine Uebereinstimmung des Entwickelungsprocesses mit dem der Ascomyceten hin. Besonders deutlich wird diese angezeigt dadurch, dass es wenigstens in manchen Fällen möglich ist, vor der Sporenbildung den primären Zellkern in den Schläuchen nachzuweisen. Ich fand ihn bei Lecidella enteroleuca, Pertusaria leioplaca, Lecanora pallida, Sphaerophoron coralloides (Fig. 98 *a*) in der Form und constanten Stellung, welche Seite 104 für Peziza tuberosa u. A. beschrieben ist, und bei fernerem Suchen wird man ihn sicherlich vielfach finden. In den jungen Sporen konnte ich nie einen Kern sehen, und es ist nach den Abbildungen unzweifelhaft, dass die derb contourirten Körper, welche von Schleiden (Grundz. II) und nach ihm von Anderen (Buhse, Schacht) für Kerne gehalten wurden, nichts anderes sind als entweder Oeltropfen oder die jungen Sporen selbst.

Die Zahl der in einem Ascus gebildeten Sporen ist auch hier in den meisten Fällen 8. Ausnahmen von dieser Regel finden sich wie bei den Pilzen, z. B. typisch einsporige oder ein- bis zweisporige bei Umbilicaria, Megalospora Mass., typisch zwei- bis drei-, oder vier- bis sechssporige bei mehreren Pertusarien, typisch vielsporige, oft mit hundert und mehr Sporen bei den Massalongo'schen Genera Bactrospora, Acarospora, Sarcogyne u. s. w. Die neueren descriptiven Arbeiten zählen bekanntlich diese Verhältnisse mit besonderer Genauigkeit auf.

Es ist ein Irrthum, wenn nach Schleiden vielfach angegeben wird, dass bei

weniger als acht Sporen in einem Schlauche ursprünglich acht angelegt, aber nur einige von diesen ausgebildet worden. Gerade bei der von Schleiden angeführten Megalospora sanguinaria (»Lecidea sanguinea« Schleid.) und bei den oligosporen Pertusarien sind die ersten Anlagen der Sporen von den ausgebildeten der Zahl nach nicht oder nur wenig verschieden.

Soweit meine Beobachtungen reichen, werden die Sporen eines Ascus immer gleichzeitig angelegt. In ihrer Ausbildung kommen dagegen weit häufiger als bei den Ascomyceten mit simultaner Sporenbildung Ungleichheiten vor, was darin seinen Grund haben mag, dass bei der langsameren Entwickelung die Ausbildung des Flechtenascus häufigere Störungen erleiden kann, als die der Pilzasci. Man findet daher oft Sporen sehr ungleicher Entwickelung in einem Schlauche, und dieses hat die Annahme succedaner Anlegung veranlasst (Schacht, Anat. d. Gew. I, 75). Sehr oft bleiben von mehreren Sporen in einem Ascus eine oder einige ganz unentwickelt und werden zuletzt mit den reifen entleert als kleine, keimungsunfähige Kümmerlinge mit dünner Membran und wasserhellem Inhalte. Tulasne führt solches für Urceolaria, Calycium u. a. an, ich fand es bei vielen Formen, besonders auffallend z. B. bei Ochrolechia tartarea, immer jedoch als eine keineswegs typische, sondern nur diesem oder jenem Ascus zukommende Erscheinung. Ein typischer Abort scheint nach Tulasne's Beschreibung bei Collema cheileum vorzukommen, indem hier der reife Ascus immer (?) verkümmerte, wasserhelle neben ausgebildeten Sporen enthält, erstere oft unregelmässig mit einander oder den letzteren verklebt. Die »Hörner, Spitzen oder sonst wunderlichen Auswüchse«, welche nach Schleiden und Buhse an den Sporen von Megalospora sanguinaria dadurch entstehen sollen, dass sich abortirende an die ausgebildeten ankleben, existiren an frischen, reifen Exemplaren nicht. Möglich, dass keimende Sporen oder, wie nach Lindsay's Abbildung (Brit. Lich. pl. XIV) wahrscheinlich ist, unreife, mit anhängendem Protoplasma eingetrocknete jene Angabe veranlasst haben.

Hinsichtlich des Baues der reifen Spore ist hier auf das über die Pilzsporen Gesagte zu verweisen (Seite 126). Wesentliche Verschiedenheiten von diesen kommen nicht vor, und die zahllosen Variationen in Gestalt, Grösse und Specialstructur zu beschreiben, ist eine neuerdings mit Vorliebe, allerdings nicht immer mit Glück betriebene Aufgabe der Systematik. Eine sehr gute Uebersicht geben die Umrisszeichnungen in Hepp's Lichenes exsicc. und »Abbildung und Beschreibung der Sporen der Flechten Europas.«

Je nach Gattungen und Arten sind auch hier die Sporen entweder einfache Zellen oder septirt (vgl. Seite 124). Die Bildung der letzteren aus ihrer ursprünglich einfachen Mutterzelle erfolgt durch gewöhnliche Zelltheilung, und es ist überhaupt von den Flechtensporen keine Erscheinung bekannt, welche sich nicht an der Hand der elementarsten Lehrsätze von Zellbildung, Zelltheilung, Membranverdickung leicht verstehen liesse. Insonderheit ist die ganze Körber'sche Sporoblastenannahme und Sporoblasten-Terminologie theils unrichtig, theils überflüssig. Uloth hat neuerdings (Ber. d. Oberhess. Ges. f. Naturk. 1865, p. 146) die Entwickelung einer Anzahl von septirten Sporen richtig dargestellt, die Structur der sogenannten »blasteniosporischen« hat er gleichfalls offenbar verkannt, dieselben sind (wenigstens bei Physcia parietina) nichts weiter als farblose Sporen, deren Lumen in der Mitte durch eine wulstige Verdickung der

Membran stark verengert und an der engsten Stelle durch eine sehr zarte Querwand getheilt ist.

Die verschiedenen Färbungen der Sporen gehören immer dem Episporium an; wenigstens erscheint der Inhalt der einzelnen Spore unter dem Mikroskop immer farblos oder kaum gelblich, bläulich u. s. w. Auffallend selten kommen auf der Aussenfläche des Epispors Unebenheiten vor: Einige Solorina-Arten (S. saccata) und Pannarien (P. hypnorum nicht nur, sondern auch P. brunnea, triptophylla) mit warziger, Thelotrema exanthematicum mit feinstacheliger Oberfläche, sind die wenigen bisher beschriebenen Beispiele hierfür. Gelatinöse Appendices kommen nicht vor, wohl aber in einer Reihe von Fällen weich-gelatinöse Umhüllungen (Aussenschichten) der ganzen Spore, z. B. Pertusaria, Verrucariae Spec. (vgl. Tulasne, Mém., Nylander, Syn. p. 33.)

2. Ausstreuung der Sporen. Die reifen Asci zeigen in Beziehung auf Vertheilung und endliche Befreiung der Sporen ein zweifaches Verhalten. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Flechten sind die reifen Sporen in dem relativ weiten Schlauche in wässeriger Flüssigkeit suspendirt, wie bei den Ascomyceten, und werden zuletzt aus der aufreissenden Spitze des Schlauches hervorgeschleudert. Die Schläuche entleeren sich einer nach dem andern, ein plötzliches Stäuben findet nicht statt, was in dem Umstande begründet sein dürfte, dass die reifen Asci auch bei den gymnocarpen Apothecien niemals über die Hymeniumoberfläche vorragen, sondern höchstens so lang, meistens jedoch etwas kürzer sind als die Paraphysen. Die Ejaculation findet mit nicht unbeträchtlicher Kraft statt: die Sporen werden, nach Tulasne's Messungen, bis auf 1 Cm. Entfernung fortgeschleudert. Sie geschieht sowohl bei den gymnocarpen als angiocarpen Apothecien. Wie bei den Ascomyceten wird mit den Sporen eine Quantität Inhaltsflüssigkeit, die unverbrauchten Körnchen, abortirte Sporen, welche in dieser enthalten sind, ausgespritzt. Der Mechanismus der Ejaculation ist ein ähnlicher, doch nicht genau der gleiche, wie der oben für die Discomyceten beschriebene. Wie Tulasne gezeigt hat, findet die Ausschleuderung statt, wenn das Apothecium feucht, von Wasser durchdrungen wird. Es muss hierbei die Menge der Inhaltsflüssigkeit im Ascus und somit der von innen auf seine Membran ausgeübte Druck vermehrt werden. Andererseits aber quellen die Gallertmembranen der Paraphysen und entleerten Schläuche gewaltig auf und zwar, wie Durchschnitte zeigen, vorzugsweise in der Richtung der Hymenialfläche. Die hierdurch bedingte Flächenausdehnung des Hymeniums findet aber einen Widerstand theils in dem Thallus, wenn es diesem eingesenkt ist oder aufliegt, theils, wie Tulasne gezeigt hat, in dem Excipulum und Thallusrande; denn diese krümmen sich bei Einsaugung von Wasser energisch in dem Sinne, dass sie der Flächenvergrösserung des Hymeniums entgegen wirken. Hiernach erleidet der flüssigkeitserfüllte Ascus einen hohen Druck von aussen auf allen Puncten seiner Seitenwand, und in diesem ist eine Hauptursache der Ejaculation zu suchen. Die leeren, gallertartig weichen Schlauchmembranen werden meistens sofort von den Seiten her zusammengedrückt und sind oft schwer aufzufinden. Sie tragen jedenfalls sehr viel bei zur Bildung der homogenen, durch Iod blau werdenden Gallertmasse älterer Hymenien. Wegen des frühen Undeutlichwerdens der Membranen ist es schwer, die Form, in welcher sie bei der Entleerung aufreissen, sicher zu er-

mitteln. Bei Pertusaria gelingt es am leichtesten, zu sehen, dass ihr Scheitel durch einen kurzen, über seine Mitte laufenden Längsriss zweiklappig gespalten wird; bei Peltigera, Umbilicaria, Urceolaria scheint nach Tulasne's Darstellung ein Zerreissen der Länge nach in mehrere kurze Lappen stattzufinden.

Verschieden von der beschriebenen Mehrzahl der Lichenen verhalten sich die Asci von Sphaerophoron (Fig. 98), Acroscyphus, den Calycieen, Lichina, Paulia, wie Montagne (Ann. Sc. nat. XV. 2. Ser. 1841), Fresenius (Flora 1848, p. 753) und Tulasne (Mém. p. 77) gezeigt haben. Eine Ejaculation findet hier gar nicht statt. Die jugendlichen Sporenanlagen werden früh den engen, zarten Ascis fast gleich breit und ordnen sich in eine einfache, oder stellenweise doppelte ununterbrochene Reihe in dem oberen Theile des Schlauches, von dessen Wand nur durch eine dünne Lage Protoplasmas (oder Epiplasmas) getrennt (*a*, *b*). Indem sie sich hierauf in höherem Maasse, als die umgebende Schlauchwand ausdehnen und das Protoplasma verschwindet, füllen sie die Wand zuletzt völlig aus, als eine zarte, zwischen je zwei Sporen oft eingeschnürte Scheide (*c*). Bei Sphaerophoron, den meisten Calycieen, zerbröckelt diese zuletzt, die Sporen werden hierdurch von einander getrennnt und häufen sich als ein lockeres Pulver auf der Hymeniumfläche an. Bei Lichina und Paulia bleiben die Sporen fest vereinigt, wie sie aus den Conceptakeln herauskommen, ist nicht bekannt. Nach Untersuchungen an Sphaerophoron und Acolium ocellatum ist es mir kaum zweifelhaft, dass die Sporen noch nach ihrer Trennung zu wachsen fortfahren, denen von Elaphomyces vergleichbar (vgl. Fig. 98, *c* und *d*).

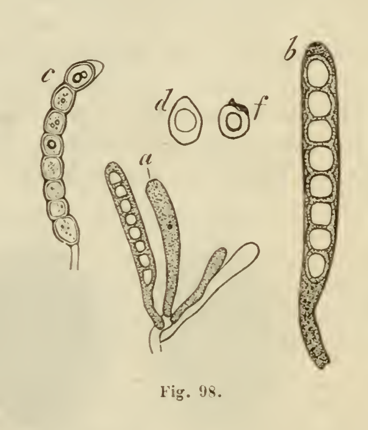


Fig. 98.

3. Die Keimung der Flechtensporen hat wohl schon Meyer (Entw. d. Fl., p. 175) gesehen, mit besseren Mikroskopen wurde sie für einzelne Fälle von Buhse, von Holle beobachtet; ausgedehntere genaue Untersuchungen verdankt man auch hier erst Tulasne. Seine Beobachtungen erstrecken sich auf Arten aus den Genera Peltigera, Solorina, Parmelia, Physcia, Endopyrenium, Collema, Lecanora, Lecidea, Verrucaria, Sphaerophoron, Ochrolechia, Opegrapha, denen die viel untersuchte Hagenia ciliaris, Graphis scripta, hinzuzufügen ist. Die Keimung erfolgt nach Aussaat auf feuchten Boden, auch feuchten Objectträger. Sie besteht bei fast allen untersuchten Flechten in dem Austreiben eines oder zweier Keimschläuche aus jeder Sporenzelle, und die hierbei stattfindenden Erscheinungen sind sowohl bei septirten als unseptirten Sporen den für die Pilze

Fig. 98. Sphaerophoron coralloides P. *a* junge Asci. *b* der eine derselben stärker vergr. *c* Fast reifer Ascus. *d* Umriss einer freien, reifen Spore. *f* Umriss einer solchen, von der das violettschwarze Epispor bis auf ein kleines Stückchen abgelöst ist. — *b* etwa 700-, die übrigen alle 390mal vergr.

bekannten so vollständig gleich, dass dem auf Seite 148 und 149 Gesagten hier nichts hinzuzufügen ist.

Eine kleine Anzahl von Flechten, nämlich die Genera Ochrolechia Mass., Megalospora Mass. und Pertusaria zeigt Keimungserscheinungen, welche auf den ersten Blick von denen der übrigen total verschieden sind.

Die Sporen dieser Genera (Fig. 99) sind ungemein gross, unseptirt, oval oder elliptisch, mit Oeltropfen dicht erfüllt und mit derber, oft vielschichtiger, farbloser Membran versehen. Jede treibt beim Keimen gleichzeitig zahlreiche — bis 100 — schlanke Keimschläuche, welche entweder von der ganzen Oberfläche der Spore, oder (bei Pertusaria) nur von der dem Substrat zugekehrten Seite entspringen. Einmal gebildet zeigen diese Schläuche keine besonderen Eigenthümlichkeiten. Die Entstehung eines Keimschlauches beginnt mit dem Auftreten eines engen, von dem Innenraum der Spore senkrecht zur Oberfläche gerichteten Porencanals in den inneren Membranschichten (Endosporium); dieser ist, soweit irgend erkennbar, eine Neubildung, nicht etwa eine Erweiterung eines von Anfang an vorhandenen. Innerhalb der äusseren Membranschichten

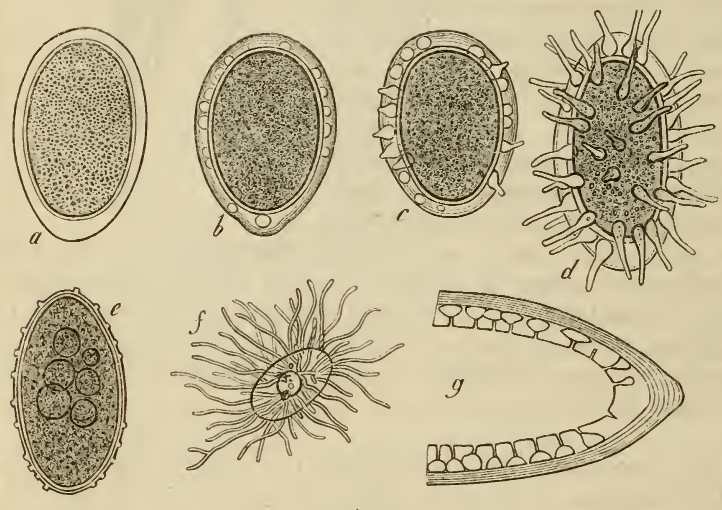


Fig. 99.

und auf Kosten dieser dehnt sich das Ende des Canals zu einem linsenförmigen oder kugeligen Hohlraum aus, in welchem sich homogenes Protoplasma ansammelt und welcher alsbald mit einer eigenen, sehr zarten Membran umgeben erscheint, als ein Bläschen, das sich nach aussen zu dem Keimschlauch verlängert und das Episporium durchbohrt. In dem Maasse, als die Keimschläuche wachsen, ver-

Fig. 99. Vergr. von *f* 190, der übrigen 390. *a—d* Megalospora affinis Kbr. *a* reife, ejaculirte Spore. *b—d* Keimungsanfang, Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. In *b* u. *c* nur der optische Längsschnitt, in *d* auch die Oberfläche gezeichnet. — *e*, *f* Ochrolechia pallescens Mass. *e* Erster Keimungsanfang (optischer Längsschnitt). *f* Mit gestreckten Keimschläuchen. *g* Pertusaria ceuthocarpa? Hälfte einer Spore mit beginnender Keimung, optischer Längsschnitt durch die Membran, die Porenkanäle mit ihren blasigen Erweiterungen zeigend. Letztere haben frisch die Gestalt wie in *b*. Das Präparat war mit Glycerin behandelt, der Inhalt ist in der Figur weggelassen.

mindert sich der Sporeninhalt. Bei den dickwandigen Pertusariasporen treiben die Schläuche oft innerhalb des Episporiums Verästelungen, welche sich in diesem, der Sporenoberfläche entlang, ausbreiten. Die Porencanäle sind meistens so eng, dass Bläschen und Keimschläuche auf den ersten Blick ringsum geschlossen zu sein scheinen. Bei Ochrolechia ragen jene, wegen der geringen Dicke des Episporiums, sehr früh über die Sporenoberfläche hervor und lassen sich oft, wie Tulasne beschreibt, mit dem Epispor von dem anscheinend unverletzten Endosporium loslösen. Anwendung von Reagentien, zumal Chlorzinkjodlösung, lässt überall den beschriebenen Sachverhalt deutlich erkennen, bei den grossen Pertusariasporen ist derselbe auch an der unversehrten Spore deutlich (vgl. die Erklärung der Fig. 99).

Capitel 10.

Entwickelungsgang der Flechten. Physiologie.

Nach Analogie der Ascomyceten und nach einigen sehr wenigen directen Beobachtungen ist nicht zu bezweifeln, dass von der keimenden Spore wiederum ein Apothecien bildender Thallus erzeugt wird. Auf welche Weise dieses geschieht, ist noch keineswegs recht klar.

Die vollständigste Beobachtung darüber machte Tulasne (Mém. p. 90) an Verrucaria muralis. Auf einen geglätteten Kalkstein ausgesäet trieben die Sporen dieser Flechte Keimschläuche, die allmählich wuchsen, Querwände erhielten, sich verzweigten und, zwei bis drei Monate nach der Aussaat, mit einander ein ziemlich dichtes Geflecht bildeten. Auf diesem entwickelte sich nun »eine weiss- »liche Schichte runder, 4 bis 6 Zehntausendstel Millimeter grosser Zellchen, fest »mit einander und mit den Fäden, von denen sie erzeugt wurden, verbunden, »die einen anscheinend leer, die andern von Protoplasma erfüllt. Bald nachher »sah man auf dieser ersten Lage da und dort Zellchen mit grünem Inhalt er- »scheinen, und man durfte nicht mehr zweifeln, dass ein neuer Thallus der V. »muralis aus den zum Versuche dienenden Sporen entstanden war.« Die grünen Zellen waren von den Gonidien der erwachsenen V. muralis in nichts verschieden.

Bei einer Aussaat von Physcia parietina (l. c. p. 95) entwickelten sich auf dem Geflechte von Keimfäden sehr kleine weissliche Zellen und später grosse, die einen grünen Inhalt erhielten. Hierbei blieb aber die Entwickelung stehen.

Speerschneider (Bot. Ztg. 1853, p. 721) beschreibt Aussaatversuche mit Hagenia ciliaris, aus denen wenigstens das mit Sicherheit hervorgeht, dass die Sporen die für diese Species characteristischen kurzen, aber sehr ästigen Keimfäden trieben und dass später junge Thallusanlagen auf dem besäeten Holze auftraten.

Hierauf beschränken sich die vorliegenden directen Beobachtungen; denn die Angaben, welche nach Untersuchungen mit älteren oder mittelmässigen Mikroskopen gemacht wurden, müssen der vielerlei möglichen Täuschungen halber bei Seite gelassen werden, selbst wenn sie von Gewährsmännern wie Meyer und

Fries herrühren; und von der Angabe Berkeley's (Crypt. Bot. 373), nach der sich Gonidien direct auf dem »Mycelium von Parmelia parietina« entwickeln, ist es nicht klar, ob sie hierher gehört.

Die überwiegende Mehrzahl der in neuerer Zeit angestellten Keimversuche blieben immer bei der Bildung der mehr oder minder gestreckten, querwändigen, verästelten (bei Pertusaria auch Hförmig verbundenen) Keimfäden stehen.

An spontanen Flechten findet man öfters ganz jugendliche Thallusanfänge einzeln oder in grosser Zahl von einem dem Boden aufliegenden Hyphengeflechte entspringend, welches dem oben für Verrucaria muralis beschriebenen ähnlich ist und aus der Vergrösserung von Keimfäden entstanden zu sein scheint. So z. B. bei Peltigera, Cladonia, Tulasne, Mém. pl. VIII, XI, XVI. Seit Meyer nennt man ein solches Geflecht, aus welchem Thallusanlagen hervorsprossen, Prothallus, Protothallus (auch mit dem unklaren, daher zu vermeidenden Namen Hypothallus).

Die verschiedenen soeben angeführten Thatsachen combinirend sind die Bearbeiter der Flechtenmorphologie einig in der Annahme: die Keimschläuche der Spore wachsen unmittelbar zu dem Prothallus heran, und auf diesem werden dann die Thallusanlagen gebildet; entweder bleibt der Prothallus klein und geht möglicher Weise nach Bildung einer Thallusanlage zu Grunde; oder er wächst lange fort, um immer neue Thallusanlagen zu erzeugen. Der Prothallus ist hiernach dem primären Mycelium der Pilze in Hinsicht auf seine morphologische Bedeutung zu vergleichen.

Gegen diese Anschauung ist nichts einzuwenden, als dass sie noch des sichern Beweises bedarf. Denn die erwähnten spontanen Prothallusbildungen könnten doch auch secundären hypothallinischen Anhangsgebilden (Wurzelhaaren) ihre Entstehung verdanken, umsomehr als eine alte Beobachtung Schärer's das Hervorsprossen junger Thallusanfänge aus unzweifelhaften hypothallinischen Anhängen, nämlich den Rhizinen von Gyrophora vellea, nachgewiesen hat (vergl. Schärer, Enum. p. XVII). Unentschieden muss es bleiben, inwieweit der oben erwähnte fädige Saum vieler Krustenflechten (Lecid. geographica) dem hier in Rede stehenden Prothallus oder dem Thallusrande, und die einzelne Areole der Kruste etwa einem ganzen Peltigera-Thallus entspricht.

Dass die Apothecien die Fructification in dem Seite 202 bezeichneten Sinne darstellen, ist selbstverständlich. Dass die Asci und Sporen ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane sind, ist nach Analogie der Ascomyceten anzunehmen, und die vorliegenden Thatsachen sprechen nicht dagegen. Ob und wo eine geschlechtliche Zeugung stattfindet ist zweifelhaft und Andeutungen dafür höchstens von den Pilzen zu entnehmen. Insbesondere ist es unklar, in welcher Beziehung zu der Entwickelung die Spermogonien und Spermatien stehen, die Zweifel und Fragen sind genau dieselben, wie bei den Pilzen, und den verschiedenen, des sicheren thatsächlichen Bodens entbehrenden Hypothesen, welche eine nothwendige und speciell eine geschlechtliche Beziehung zwischen Spermatien und Apothecien annehmen, steht schon die eine Erfahrung entgegen, dass bei der überall reich fructificirenden Solorina saccata noch nie Spermogonien gefunden worden sind.

Was die Soredien betrifft, so sind dieselben unzweifelhaft Multiplicationsorgane, und, wie ihr öfteres Fehlen anzeigt, keine nothwendigen Glieder des

Entwickelungsprocesses. Den Pycniden kommt, den mitgetheilten Thatsachen zufolge, eine wohl sehr untergeordnete Bedeutung zu.

Eine Anzahl von Beobachtungen und Meinungen liegt vor, nach welchen der Entwickelungskreis der — oder vieler — Flechten mit der Bildung der bisher genannten und allgemein anerkannten Organe nicht abgeschlossen wäre. Die Angaben sind von sehr ungleichem Werthe, je nachdem sie sich auf die typischen heteromeren Lichenen, die Gallertflechten und die Graphideen beziehen, und daher nach diesen drei Gruppen zu sondern.

Was die erstgenannten, mit chlorophyllgrünen Gonidien versehenen Formen betrifft, so wurde schon durch Haller, Gleditsch und Andere die Meinung oder Vermuthung ausgesprochen, dass die grünen Ueberzüge auf Baumrinden und dergleichen, welche gegenwärtig zu den Palmellaceen gerechnet werden (zumal Protococcus vulgaris Kg. = Pleurococcus vulgaris Mengh., Chlorococcum Grev, Lepraria botryoides, viridis Auct.), und welche aus freien oder familienweise verbundenen, isodiametrischen, grünen Zellen bestehen, Rudimente von Flechten seien.[1] Einen bestimmteren Ausdruck gaben dieser Ansicht Wallroth (l. c.) und Fries (Lich. Eur. XX), indem sie jene grünen Zellen als freigewordene, für sich vegetirende Flechtengonidien betrachteten. Spätere, wie Körber, Kützing (Linnaea 1833, Phyc. gen. 167) traten dieser Ansicht im Wesentlichen bei, Kützing wenigstens insofern, als er die Entwickelung von Lichenenthalli aus den grünen Zellen behauptet. Neuerdings hat sich Diesen besonders Hicks angeschlossen (Microsc. Journ., Ser. 1, Vol. VIII, p. 239; auch New Series, Vol. I, p. 157).

Die älteren Autoren mochten mit ihrer Meinung theilweise Recht haben, insofern sie von Soredien gebildete grüne Ueberzüge sahen und jene mit ihren optischen Hülfsmitteln nicht sicher von den Palmellaceen unterscheiden konnten. Gegenwärtig steht die Sache aber anders. Lässt man die Soredien bei Seite, so sind die Bestandtheile der grünen Ueberzüge, insonderheit der Pleurococcus vulgaris, den Gonidien zwar durch die Beschaffenheit ihrer Membran und ihres grünen Inhaltes ähnlich, aber unzweifelhaft verschieden sowohl der Gestalt als besonders der Theilung nach: die Zellen von Pleurococcus theilen sich abwechselnd nach drei Richtungen so, dass die Scheidewände der successiven Generationen einander meist rechtwinkelig schneiden, die in benachbarten Schwesterzellen aber parallel sind, daher die Anordnung der Zellen zu quadratischen oder cubischen (nicht tetraedrischen) Gruppen. Ferner liefern die genauen neueren Untersuchungen (Schwendener) kein Beispiel dafür, dass Gonidien anders als innerhalb der Soredien aus dem Thallus frei werden. Auch Hicks ist weit entfernt, diese Einwürfe zu beseitigen oder auch nur genügend zu berücksichtigen. Die in Rede stehende Ansicht ist daher als unerwiesen und die grünen Palmellaceen als autonome Organismen zu betrachten, wenn auch nicht verschwiegen werden darf, dass die unten zu erwähnenden Beobachtungen an anderen Lichenen die dereinstige Auffindung wirklich freiwerdender, selbständig vegetirender grüner Gonidien nicht unmöglich erscheinen lassen.

Noch weniger stichhaltig als die besprochene ist die von Sachs (Bot. Ztg. 1855, p. 6) früher geäusserte, von Hicks neuerdings (l. c. New Series I, p. 15) wieder aufgenommene Meinung, nach welcher Gloeocapsa-Formen die frei vege-

1) Vgl. Wallroth, Naturg. d. Fl. I, 309.

tirenden Gonidien von Cladonien sein sollen. Zwischen letzteren und den Gloeocapsen besteht nicht einmal eine grosse Aehnlichkeit. Wenn diese zuweilen den oberflächlichen Rindenhyphen aufsitzen, so erklärt sich dies leicht aus einem geselligen Vorkommen von Cladonia und Gloeocapsa; dass letztere aber als eine besondere zweite Art Gonidien von den genannten Hyphen abgeschnürt werden, dafür liegt keine irgend sichere Beobachtung vor.

Von den Gallertflechten sind zunächst die mit Gonidienschnüren versehenen, die Collemen und ihre nächsten Verwandten, Gegenstand hierher gehöriger Discussionen gewesen. Cassini sprach schon im Jahre 1817 die Vermuthung aus, die unter den Algen aufgezählten Formen von Nostoc möchten nichts anderes als Zustände von Collemen sein (Opusc. phytolog. II, p. 361), und führt eine ähnliche Vermuthung Ventenat's aus viel früherer Zeit an. Seitdem wurde überall auf die Aehnlichkeit und auf eine mögliche Verwandtschaft beider Formenreihen aufmerksam gemacht. Itzigsohn (Bot. Ztg. 1854, p. 521), Hicks (l. c. p. 90) haben genetische Beziehungen zwischen beiden behauptet; Bayrhoffer (Bot. Ztg. 1857, p. 157) hat Wallroth's Ansicht, nach welcher Nostoc commune geradezu unter die Flechten gestellt wird, von neuem zu erweisen gesucht. Am klarsten hat Sachs seine Ansicht über das Zusammengehören von Nostoc commune Vauch. und »Collema pulposum« ausgesprochen (Bot. Ztg. 1855, 1). Nach ihm entsteht aus den Gonidien von Collema allmählich ein Geflecht von Gonidienschnüren, welches einer aussen scharf abgegrenzten Gallerte eingebettet, mit anderen Worten ein Körper, wie er für die Algengattung Nostoc characteristisch ist. Je nach äusseren Umständen vergrössert sich dieser Körper entweder ohne Structurveränderung und wird zu dem unregelmässigen Lager von Nostoc commune; oder es wachsen einzelne Zellen der Gonidienschnüre zu den für Collema characteristischen Hyphen aus, diese flechten sich mehr und mehr zwischen die Schnüre ein, und es entsteht hierdurch der später fructificirende Collemathallus. Es ist nun zwar schon oben gesagt worden, dass der soeben erwähnte genetische Zusammenhang der Hyphen mit den Gonidien zweifelhaft ist. Aber selbst wenn es ausgemacht wäre, dass ein solcher Zusammenhang nie besteht, würde die begründete Vermuthung einer genetischen Beziehung zwischen den Collema- und Nostoc-Formen bestehen bleiben müssen. Die Gründe hierfür sind folgende. Die Gonidienschnüre der Collemen sind den Nostocschnüren nicht ähnlich, sondern in allen wesentlichen Puncten gleich, und für die umgebende Gallerte gilt dasselbe. Denkt man sich die Hyphen aus einem Collema entfernt, so bleibt die Gestalt des Thallus allerdings eine von Nostoc verschiedene, ein Structurunterschied besteht aber nicht mehr, oft selbst nicht mehr in dem Grade, wie zwischen den einzelnen Formen oder Species von Nostoc. Zweitens findet man häufig auf unzweifelhaftem Collementhallus neben dessen kugeligen, soredienartigen Sprossen einzelne Gonidienschnüre oder Convolute solcher in scharf umschriebenen Gallerthüllen, ohne Hyphen; dieselben sind jungen Nostocexemplaren in jeder Hinsicht gleich, und ich glaube mich nicht getäuscht zu haben in der Beobachtung, dass sie sich wirklich aus dem Collemathallus loslösen. Drittens ermangeln alle die zahlreichen bisher untersuchten Nostoc-Formen einer eigentlichen Fructification. Die in Thuret's schöner Arbeit[1]) beschriebene Bildung junger Exemplare aus den

1) Observations sur la réproduction de quelques Nostochacées. Mém. soc. imp. hist. nat. Cherbourg, Tom. V (1857). Vgl. Flora. 1863, p. 556.

alten kann füglich nur als eine Propagation, als eine Art von Brutknospenbildung betrachtet werden.

Bei den Gallertflechten mit nicht gereihten Gonidien, wie Synalissa, Omphalaria u. s. f. findet man zwar oft auf der Thallusoberfläche anscheinend losgelöste, von Hyphen freie Gonidiengruppen, welche mit Chroococcaceen, zumal Gloeocapsen, die grösste Aehnlichkeit haben (vgl. Bornet, Mém. soc. Cherbourg, IV, 231). Die Untersuchungen über diese Körper sind jedoch noch nicht ausgedehnt und eingehend genug, um ihre Identität mit den Gonidien ausser Zweifel zu setzen.

Unzweifelhaft besteht dagegen ein genetischer Zusammenhang zwischen Ephebe und Verwandten und gewissen Nostocaceen. Denkt man sich die Hyphen entfernt, so stellt der Thallus von Ephebe pubescens, Spilonema, zumal die dünnen Aeste, typische Formen der Gattung Sirosiphon dar, wie schon Hepp's und Stitzenberger's oben erwähnte Ansichten über Ephebe andeuten. Aechte, unzweifelhafte Sirosiphon-Exemplare kommen in dem Rasen genannter Flechten sehr oft vor, und es gelingt manchmal, zu beobachten, dass sie von den Ephebe-Fäden als Zweige entspringen. Ich habe ein (mit Kali deutlich gemachtes) Präparat, in dem ein aus 32 Gliedern bestehender Sirosiphon-Faden mit vielen Seitenzweigen von einem starken Ephebetrieb entspringt; und dass er diesem nicht blos anhaftet, sondern ein ächter Ast ist, geht am sichersten daraus hervor, dass aus dem Haupttriebe einige Hyphen in ihn eintreten und bis zum vierten Gliede reichen.

Nach allen diesen Daten ist es wohl nicht zu bezweifeln, dass ein grosser Theil der Nostocaceen und Chroococcaceen zu den Gallertflechten, Ephebe u. s. f. in naher genetischer Beziehung steht. In welcher? das bleibt zu untersuchen. Darf ich meine subjective Meinung, deren ausführliche Motivirung zu weit führen würde, hier kurz andeuten, so scheinen mir zwei Vermuthungen berechtigt zu sein: Entweder sind die in Rede stehenden Lichenen die vollkommen entwickelten, fructificirenden Zustände von Gewächsen, deren unvollständig entwickelte Formen als Nostocaceen, Chroococcaceen bisher unter den Algen standen. Oder die Nostocaceen und Chroococcaceen sind typische Algen; sie nehmen die Form der Collemen, Epheben u. s. f. an, dadurch, dass gewisse parasitische Ascomyceten in sie eindringen, ihr Mycelium in dem fortwachsenden Thallus ausbreiten und an dessen phycochromhaltige Zellen öfters befestigen (Plectopsora, Omphalarieen). In letzterem Falle würden die in Rede stehenden Gewächse Pseudolichenen sein, vergleichbar den durch Schmarotzerpilze gleichsam umgeformten Phanerogamen, wie Euphorbia degener u. a. m. —

Schliesslich sind hier einige bemerkenswerthe Thatsachen von den Graphideen-Gonidien zu erwähnen. Bei den hypophlöedischen Arten, wie Op. varia, werden, wie oben erwähnt, mit der Abstossung der oberflächlichen Periderma-lagen Gonidienketten sammt den sie umspinnenden Hyphen frei. Auf dem Thallus genannter Flechten, und noch mehr in seinem Umkreis, aber auch an entfernteren Orten, findet man häufig massenhafte Anhäufungen solcher Gonidienketten, rothbraune oder grünlichbraune pulverige Ueberzüge auf den Rinden verschiedener Bäume bildend. Dieselben sind unter dem Namen Chroolepus umbrinum Kg., Protococcus crustaceus Kg. allgemein bekannt (Kützing, Spec. alg., p. 203, 427), ein Unterschied zwischen dieser »Alge« und den im Thallus be-

findlichen Gonidien ist nicht vorhanden, ausser dass die freien Gonidien in der Regel (aber nichts weniger als durchgehends) etwas derbwandiger und runder sind. Auch die Hyphen finden sich an den Zellen des Protococcus, sie sind von Kützing, Caspary gesehen, wenn auch nicht richtig gedeutet worden. Von welcher Species der Pr. crustaceus abstammt, ist bei der grossen Aehnlichkeit der Gonidien verschiedener Graphideen nicht mit Sicherheit anzugeben, es sei denn, dass er sich unmittelbar auf dem Thallus befindet. Die von Hyphen umsponnenen Gonidienketten sind zunächst den Soredien an die Seite zu stellen, und daher hier nicht zu erwähnen. Es kommen aber auch Ketten oder einzelne losgelöste Glieder ohne umgebende Hyphen vor — also wirklich freie Gonidien. Und wie schon v. Flotow, später Cohn, Stitzenberger und Caspary beobachtet haben, bilden sich in den Zellen des Protococcus crustaceus Schwärmsporen. Was aus diesen wird, ist noch unermittelt. Die Thatsache genügt aber, um zu zeigen, dass hier der Entwickelungsgang nicht auf die Bildung von Thallus, Apothecien und Spermogonien beschränkt ist. (Ueber Pr. crustaceus, seine Synonyma und seine Schwärmsporenbildung vgl. Wallroth, Naturg. I, 305, Kützing, Spec. alg., p. 203, 427; Phycol. gener., p. 169, 283; Cohn, in Hedwigia I, 1; Stizenberger, ibid. 78; Caspary, Flora, 1858, Nr. 36. Taf. VI.)

Hypothesen über andere Chroolepus-Formen hier anknüpfen zu wollen, wäre übereilt. Wenn Massalongo (vgl. Flora, 1855, p. 375) bei einer solchen Form besondere Apothecien fand und diese daher als neue Flechtengattung beschreibt, so dürfte dieselbe entweder etwas nicht hierher gehörendes oder ein von einem Parasiten bewohnter Chroolepus sein.

Capitel 11.

Physiologische Processe in den Flechten.

Von einer Physiologie der Flechten ist, ausser den Entwickelungserscheinungen, so gut wie nichts zu berichten. Man weiss, zumeist aus gelegentlichen Beobachtungen, dass die Flechten, sowohl Thallus als Apothecien, ein langsames Wachsthum besitzen und ein hohes Alter erreichen, und dass nur relativ wenige Arten hiervon Ausnahme zu machen scheinen. Eine Anzahl genauerer Untersuchungen und Messungen hierüber theilt Meyer (Flecht. p. 39) mit. Es ist bekannt, dass sehr viele Flechtenarten an ein bestimmtes Substrat gebunden sind, theils anorganisches, theils die Borke und Peridermalagen der Bäume oder bestimmter Baumspecies. Ueber die Ursache hiervon liegen höchstens Vermuthungen vor, von denen die einen die chemische, die andern die physikalische Beschaffenheit des Substrates für massgebend halten. Wenn man ferner eine Menge Lichenen auf kahlem festem Gestein, manche selbst auf Glasscheiben, Eisenbahnschienen u. s. f. sich ansiedeln und gedeihen sieht, so liegt der Schluss nahe, dass dieselben nur anorganische Substanzen als Nahrung bedürfen, und im Hinblick auf die Cormophyten der weitere, dass die Gonidien die assimiliren-

den Organe sein dürften, und der Assimilationsprocess ein ähnlicher wie bei der chlorophyllhaltigen Vegetation. An Untersuchungen hierüber fehlt es aber vollständig. Selbst darüber ist man nicht einig, ob die feuerbeständigen Bestandtheile der Lichenen aus dem Substrat stammen und stammen müssen, also von den Rhizinen und Wurzelhaaren aufgenommen werden, oder ob sie »aus der Luft«, d. h. aus den löslichen Mineralkörpern bezogen werden, die mit dem Staub auf den Thallus gelangen und von dessen ganzer Oberfläche mit dem Wasser aufgesogen werden können. Allerdings hat die erstere Ansicht grössere Wahrscheinlichkeit für sich, weil erstens die oben angeführten Aschenanalysen zeigen, dass die Menge der feuerfesten Bestandtheile und ihre quantitative Zusammensetzung mit dem Substrat in hohem Grade wechseln, und weil zweitens die Haftorgane oder selbst der ganze Thallus tief in das härteste Gestein eindringen. Das Eindringen setzt ein theilweises Löslichmachen voraus, und es ist kaum denkbar, dass die löslichen Körper nicht aufgenommen werden, wenn sie mit den befeuchteten Membranen der Flechte in steter Berührung stehen. Die auf ein bestimmtes organisches Substrat angewiesenen Flechten bewohnen, soweit sicher bekannt, immer nur abgestorbene Theile. Welcherlei Nährstoffe sie aus diesen aufnehmen, ob bestimmte organische Körper, ob nur anorganische Zersetzungsproducte und Mineralsubstanzen ist wiederum ungewiss.

Es ist eine allbekannte Thatsache, dass die auf anorganischem Boden wachsenden Flechten die Verwitterung dieses in hohem Grade fördern, und dies auf dreierlei Weise: durch das Feuchthalten des Gesteins, durch die ohne Zweifel stattfindende Kohlensäureausscheidung und durch die rein mechanische Wirkung der eindringenden Haftorgane. In dieser Urbarmachung des Bodens für die übrige Vegetation beruht jedenfalls die hauptsächlichste Bedeutung der Flechten für den Naturhaushalt.

Ueber die hier angedeuteten Puncte und Fragen sind zu vergleichen: die Seite 257 angeführten analytischen Arbeiten. Th. Fries, Uloth, l. c., v. Krempelhuber, in Flora 1861, p. 115; Denkschr. d. K. bot. Ges. zu Regensburg, Bd. IV, 2. Abth., p. 8—69. Göppert, Flora, 1860, p. 161. Senft, ibid., p. 193. Eine Abhandlung De Candolle's vom Jahre 1798 (Journ. de Phys. de Delamétherie, Tom. IV), »Sur la nutrition des Lichens« kenne ich nur aus dem Citat bei Tulasne.

Litteratur.

Die Quellenlitteratur für Morphologie und Physiologie der Flechten ist, ausser einzelnen im Texte citirten kleineren Arbeiten in folgenden Schriften enthalten:

G. F. W. Meyer, Entwickelung, Metamorphose und Fortpflanzung der Flechten. Göttingen. 1825.

E. Fries, Lichenographia Europaea reformata. Lundae. 1831. Einleitung.

L. R. Tulasne, Mémoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens. Ann. Sc. nat. 3e Sér. Tom. XVII, mit 16 Tafeln.

Speerschneider, Anatomie und Entwickelung der Hagenia ciliaris. Bot. Ztg. 1853, p. 705, 1854, p. 593; —— der Usnea barbata dasypoga, ibid. 1854, p. 193; —— der Parmelia Acetabulum, ibid. 1854, p. 481; —— der Ramalina calicaris, ibid. 1855, p. 345; —— der Peltigera scutata, ibid. 1857, p. 521.

S. Schwendener, Ueber den Bau und das Wachsthum des Flechtenthallus. Vierteljahrsschrift d. naturf. Ges. Zürich, 1860 (citirt als Schw., Vortrag).

Idem, Untersuchungen über den Flechtenthallus. I. Strauchartige Flechten, mit 7 Taf. In Nägeli, Beitr. z. wiss. Bot. Heft 2 (1860). II. Laubartige Flechten, mit 4 Taf. Ibid. Heft 3 (1862).

Idem, Ueber die Entwickelung der Apothecien von Coenogonium. Flora 1862, 224. Ueber Ephebe pubescens. Ibid. 1863, p. 240. Ueber die Apothecia primitus aperta u. d. Entwickelung der Apothecien im Allgemeinen. Ibid. 1864, p. 320.

Fuisting, De nonnullis Apothecii Lichenum evolvendi rationibus. Diss. inaugur. Berol. 1865. Eine vielversprechende, leider in sehr undeutlichem Latein geschriebene Arbeit. Ich konnte sie nur theilweise benutzen, da sie mir est beim Abschluss dieser Darstellung zukam.

Ferner sind anzuführen:

Buhse, Ueber den Fruchtkörper der Flechten. Bull. soc. imp. des Naturalistes de Moscou. Tom. XIX (1846), p. 318.

G. v. Holle, Zur Entwickelungsgesch. d. Borrera ciliaris. Göttg. 1849. (Diss. inaug.)

Ferner die systematischen Werke, insonderheit die Einleitungen zu:

Nylander, Synopsis meth. Lichenum. Vol. I. Paris. 1858—60.

Th. M. Fries, Genera heterolichenum recognita. Upsala. 1861.

Reichhaltige Anführungen älterer Litteratur bei Tulasne, l. c.

Körber, Grundriss d. Cryptogamenkunde, p. 59—91, 195—200.

W. Lauder Lindsay, Popular history of British Lichens. London. 1856.

Die Flora des letzten Decenniums enthält ein reiches Repertorium der lichenologischen Litteratur.

Endlich nenne ich

Fée, Essai sur les cryptogames des écorces exotiques officinales. I. Strassbourg. 1824. II. 1837 (Sporen, Asci).

Wallroth, Naturgeschichte der Flechten. 2 Bände. Frankfurt. 1825—27.

Körber, De gonidiis Lichenum. Diss. inaug. Berol. 1839. — Ueber die individuelle Fortpflanzung d. Flechten. Flora. 1841. Nr. 1 und 2.

Bayrhoffer, Einiges über die Lichenen und deren Befruchtung. Bern. 1851.

Die vier letzgenannten Arbeiten enthalten viele eigenthümliche, mit den jetzigen Kenntnissen unverträgliche Ansichten. Wallroth's »Naturgeschichte« ist meines Erachtens, bei allem Verdienst, ein arger Hemmschuh für die Flechtenkunde gewesen. Bayrhoffer's reiche Beobachtungen sind leider durch Verwirrung der auf Fortpflanzung und Befruchtung bezüglichen Begriffe ganz ungeniessbar. Man wird mir verzeihen, dass ich über die Ansichten genannter Autoren und andere veraltete Anschauungen im Texte geschwiegen habe, denn eine historische Darlegung und Kritik derselben würde wohl für sich einen ganzen Band beansprucht haben.

III.

Myxomyceten.

(Hierzu die Kupfertafel.) [1]

Capitel 12.

Bau und Entwickelung der Myxomyceten.

I. Sporenbehälter und Sporen.

Die reifen Sporenbehälter stellen bei den meisten Myxomyceten runde, längliche, gestielte oder ungestielte, einen bis einige Millimeter grosse Blasen dar; seltener (z. B. Didymium serpula, Trichia serpula) horizontal liegende, cylindrische oder platte, netzförmige Schläuche. Ich nenne diese Behälter Sporangien, anstatt des früheren, an die Gastromyceten erinnernden Namens Peridien (**Fig. 1, 2, 6**).

Die Wand des Sporangiums wird von einer Membran gebildet, welche in ihrem Bau den pflanzlichen Celluloseháuten gleicht. Sie stellt entweder eine structurlose, hyaline, manchmal (z. B. Diachea, Physarum Spec.) überaus zarte Haut dar, oder ist dick, fest, deutlich geschichtet (z. B. Leocarpus vernicosus, Craterium, Trichia varia u. a.), bei den in der alten Gattung Diderma vereinigten Physarum- und Didymiumarten selbst doppelt, d. h. in zwei leicht von einander trennbare und oft spontan sich trennende Lagen gesondert. Warzen- und leistenförmige, vorspringende Verdickungen von verschiedener Mächtigkeit finden sich in einzelnen Fällen, z. B. auf der ganzen Oberfläche der derben, olivenbraunen Aussenschichte von Licea serpula Fr., auf der Innenfläche der Sporangiumbasis von Arcyria incarnata, punicea, nutans. Bei Cribraria, Dictydium zeigt die ganze Membran auf der Innenfläche vorspringende, flach-leistenförmige, zu einem zierlichen Netz verbundene Verdickungen. Je nach Gattungen und Arten ist die Membran an sich farblos oder in verschiedenen Nüancen von Violett, Braun, Roth und Gelb gefärbt.

Bei den stiellosen Formen breitet sich die Membran rings um die derbwandige Grundfläche des Sporangiums zu einem dem Substrate fest anliegenden

1) Die Figuren der Tafel werden im Texte durch **halbfette Schrift** bezeichnet.

scheibenförmigen Rande aus, der meist unregelmässige Gestalt und runzelige Oberfläche besitzt. Wo die Sporangien gesellig bei einander stehen, sind die häutigen Ausbreitungen mehrerer oft in zusammenhängende Häute vereinigt; so besonders bei den Trichien aus der Gruppe von Tr. chrysosperma.

Die Stiele sind (abgesehen von Stemonitis und Enerthenema) Röhren mit meist derber, der Länge nach gerunzelter und gefalteter Wand, welche sich oben in die des Sporenbehälters fortsetzt. Ihr Lumen steht mit dem des letzteren entweder in offener Communication (z. B. Trichia, Arcyria) oder ist von diesem durch eine (oft nach oben convexe, und alsdann Columella, Mittelsäule genannte) Querwand getrennt (Fig. 2, 6). Der Hohlraum des Stieles ist, je nach den Arten, von verschiedener Weite und entweder leer, lufthaltig (z. B. Physarum hyalinum P.) oder in unten zu beschreibender Weise ausgefüllt. Die Basis des Stiels sitzt dem Substrat mit einer häutigen Ausbreitung auf, von welcher das über die häutigen Ausbreitungen der stiellosen Formen Gesagte gilt.

Bei den meist lebhaft gefärbten Formen, welche ich als Trichiaceen zusammengefasst habe (Licea, Perichaena, Cribraria, Arcyria, Trichia u. s. f.) zeigt die Membran in der Regel nur die soeben beschriebenen Structurverhältnisse. Bei einigen derselben kommen gefärbte, aus organischer Substanz bestehende Körnchen hinzu, deren Beschaffenheit und Ursprung noch näher zu untersuchen sind, und welche bei Cribraria und Dictydium den stärkeren Verdickungsleisten eingelagert, bei Licea pannorum Wallr. einzeln oder haufenweise der Aussenfläche aufgelagert sind. Die olivenbraune Aussenschicht von Licea serpula Fr. zeigt ihrer ganzen Dicke nach ein unregelmässig körniges Gefüge.

Die Sporangiumwand der meisten Physareen ist dagegen mit kohlensaurem Kalke incrustirt, je nach den Genera und Arten ganz oder theilweise. Dieser tritt bei einer Reihe von Gattungen, deren Repräsentant Physarum (Fig. 1, 3) ist, auf in Form kleiner runder Körnchen, welche theils vereinzelt der Membran ein- oder innen angelagert sind, theils dichte unregelmässige Haufen auf deren Innenseite bilden. Bei vielen Arten sind die Kalkkörnchen, zumal die gehäuften, von einem in Alkohol löslichen gelben (Ph. aureum P., Ph. sulphureum A. S. etc.), selten (Ph. psittacinum Ditm.) rothgelben Farbstoffe umgeben. Die Kalkhäufchen erscheinen in diesem Falle dem blossen Auge auf dem trockenen Sporangium als gefärbte, wo das Pigment fehlt, als weisse Fleckchen oder Wärzchen.

Didymium (Fig. 6, 7) ist ausgezeichnet durch einen krystallinischen, aus sternförmigen Drusen und einzelnen kleinen Krystallen bestehenden reifartigen Ueberzug kohlensauren Kalkes auf der Aussenfläche der Sporangien. Die oben erwähnten, theils zu Physarum, theils zu Didymium gehörenden Didermen zeigen an ihrer Sporangienwand eine zarte, meist kalkfreie innere, und eine äussere Schicht, welche eine spröde Kalkkruste darstellt und aus dicht gehäuften, runden oder krystallinischen Kalktheilchen besteht, die durch eine geringe Menge organischer Substanz zusammengehalten werden. Letztere bleibt nach Auflösung des Kalkes als eine zarte Haut zurück.

Besonders reichliche Mengen körnigen oder krystallinischen kohlensauren Kalkes sind bei vielen kalkführenden Formen der Basalwand stielloser Sporangien, bei gestielten der Wand des Stiels eingelagert. Bei letzteren befindet sich auch im Innern des Stiels und der von ihm sich erhebenden Columella oft eine grosse Quantität genannten Körpers, der nicht selten mit unregelmässigen Klum-

pen organischer Substanz den Hohlraum grösstentheils ausfüllt (z. B. Didymium leucopus, Diachea).

Der Innenraum des Sporangiums wird entweder, wie bei Licea, Cribraria, ausschliesslich von den zahlreichen Sporen angefüllt; oder, bei den meisten Gattungen, befinden sich zwischen diesen Röhren Fasern verschiedener Form, das sogenannte Haargeflecht, Capillitium. Das Haargeflecht von Physarum und seinen nächsten Verwandten (Fig. 2, 3) besteht aus ziemlich dünnwandigen Röhren, welche nach allen Seiten hin verzweigt, netzförmig verbunden und ohne alle Querwände sind. Zahlreiche Zweige gehen von der Peripherie des Röhrennetzes zur Wand und sind dieser, meist mit trichterförmig erweiterten Enden, fest angewachsen. An den Knoten des Netzes sind die Röhren blasig aufgetrieben (Kalkblasen) mit Anhäufungen von Kalkkörnern erfüllt, welche die gleiche Beschaffenheit wie auf der Wand zeigen und bei den gefärbten Arten wie auf letzterer von Pigment umgeben sind. Alle Physareen haben ein in der beschriebenen Weise mittelst seiner Zweigenden der Wand allenthalben fest angewachsenes Capillitiumnetz. Bei Didymium (Fig. 6, 7), welcher Gattung sich Spumaria, Diachea nahe anschliessen, besteht dies aus Fasern, die sehr schmal (Breite $^1/_{755}$ Mm. bis $^1/_{490}$ Mm. bei D. nigripes, leucopus, bis $^1/_{380}$ Mm. bei D. farinaceum), cylindrisch oder wenig abgeplattet, solide oder mit einer einfachen axilen Längslinie als Andeutung eines Hohlraums, und wenigstens an den breiteren Stellen meist schmutzig violettbraun gefärbt sind. Die Fasern sind ganz kalkfrei; bei einer Art (D. physaroides) schliessen sie einzelne eckige Kalkdrusen oder Krystalle ein. Sie laufen bei Didymium der Mehrzahl nach gerade oder wellig von unten nach oben, oder radienartig von der Stielinsertion zur oberen und seitlichen Wand, ihre Anastomosen sind meist spitzwinkelig. Did. serpula ist ausgezeichnet dadurch, dass den Capillitiumfasern zahlreiche runde, mit gelbem Farbstoffe erfüllte Blasen (Pigmentbehälter) anhaften, welche, den Sporen ähnlich, mit violettbrauner Membran versehen, aber vier- bis sechsmal grösser sind als diese (Durchmesser bis $^1/_{20}$ Mm.).

Bei den mit Capillitium versehenen Trichiaceen (Arcyria, Trichia), besteht dieses aus röhrigen Fasern, welche nie Kalkablagerungen führen und der Sporangiumwand entweder gar nicht oder nur an einzelnen bestimmten Puncten angewachsen sind. Bei Arcyria (Fig. 100) ist es gleichsam eine in unzählige netzförmig anastomosirende Zweige getheilte Röhre, es besteht aus hohlen, cylindri-

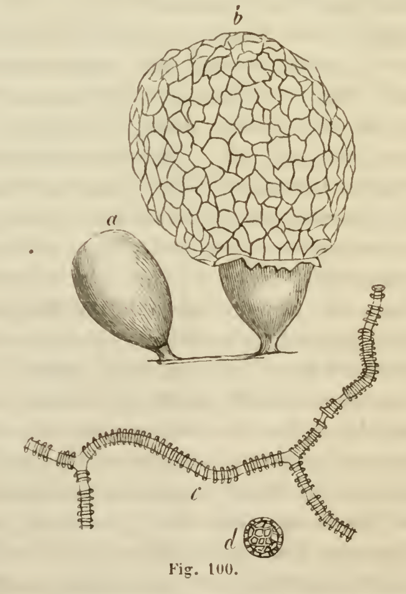


Fig. 100.

Fig. 100. *a*, *b* Arcyria incarnata P. Umrisszeichnung nach 20facher Vergr. *a* reifes, geschlossenes Sporangium, *b* geöffnetes, mit ausgedehntem Capillitiumnetz. — *c*. *d* Arc. serpula Wigd. (A. anomala dBy.), *c* Stück Capillitium, *d* Spore, 390fach vergr.

schen oder zusammengedrückten Fasern, welche nach allen Richtungen hin reich verzweigt und netzförmig verbunden sind ohne jegliche Querwand. Die derbe, homogene Wand der Röhren hat die gleiche Farbe wie die Sporangiummembran und ist meistens auf ihrer Aussenfläche mit vorspringenden Verdickungen versehen, welche, je nach den Arten, die Gestalt von Stachelchen, Wärzchen oder querlaufenden ring- oder halbringförmigen Leisten haben. Bei Arc. punicea, cinerea ist das Capillitium befestigt mittelst blind endigender Zweige des Röhrennetzes, welche dem Grunde der Sporangiumwand angewachsen sind. Bei den meisten Arten (z. B. A. incarnata, nutans) steht es mit letzterer nirgends in Berührung, es ist lose befestigt durch einige in den Stiel hinabsteigende und zwischen die unten zu beschreibenden Zellen, welche diesen ausfüllen, eingeklemmte Röhrenäste. So lange das Capillitium in dem Sporenbehälter eingeschlossen ist, sind seine sämmtlichen Aeste in vielen Krümmungen hin und her gebogen, die vier-, fünf- und mehrseitigen Maschen eng und unregelmässig. Wenn das Sporangium sich nach der Reife öffnet, strecken sich bei den meisten Arten (A. cinerea ausgenommen), die Röhren mehr gerade, die Maschen werden hierdurch erweitert und der Umfang des Netzes um ein Vielfaches vergrössert (Fig. 100, *a*, *b*); ein auch nur annäherndes Zurückkehren zu der ursprünglichen Form findet nie mehr statt.

Die vielbeschriebenen Capillitiumröhren von Trichia sind nur bei einzelnen Arten (Tr. rubiformis P., clavata P., serpula P.) zu einem Netze verbunden, das zugleich viele frei endigende Zweige zeigt. Bei den meisten (Fig. 101) sind sie ganz frei, einfach oder mit einzelnen kurzen Zweigen versehen, die Enden in der Regel spitz, bei manchen Arten (z. B. Trichia fallax) sehr fein ausgezogen, selten stumpf. Die Länge der freien Röhren schwankt (bei durchschnittlicher Dicke von $^1/_{177}$ Mm. bis $^1/_{133}$ Mm.) meist zwischen $^1/_3$ Mm. und 7 Mm., längere und viel kürzere kommen hie und da vor (Details siehe bei Wigand, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. III). Der Querschnitt der Röhren ist meist kreisrund. Ihr Inhalt erscheint wasserhell, doch zeigt sich nach Einwirkung von Kali oft ein aus trüber, durch Iod gelb werdender Substanz bestehender axiler Strang, ein Ueberbleibsel des Inhalts der jungen Röhren. Die Membran ist derb, nicht deutlich geschichtet, je nach den Arten in verschiedenem Grade biegsam und in verschiedenen Nüancen von Gelb, Roth, Rothbraun gefärbt. Auf ihrer A u s s e n s e i t e zeigt sie bei allen Arten leistenförmige Vorsprünge oder Verdickungen, welche spiralig um die Röhre verlaufen und öfters wie Falten der Membran erscheinen (Tr. varia, rubiformis), indem das Lumen der Röhre in ihrem Verlaufe erweitert, in den Interstitien eingeschnürt ist.

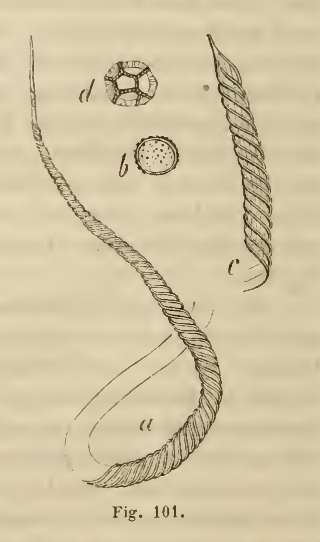


Fig. 101.

Die Windungsrichtung ist — mit seltenen (mir nur bei Tr. varia vereinzelt

Fig. 101. *a* Hälfte einer Capillitiumröhre, *b* Spore (Oberflächenansicht) von Trichia fallax Fr.; *c* Ende einer Capillitiumröhre, *d* Spore von Tr. chrysosperma (DC. DBy.) Vergr. 390.

vorgekommenen) Ausnahmen — rechts (im Sinne A. Braun's, d. h. die Windungen steigen auf der dem Beobachter zugekehrten Seite von rechts nach links in die Höhe). Die Zahl der Spiralleisten wechselt je nach den Arten zwischen 2 (z. B. Tr. varia) und 3—5 (z. B. Tr. fallax, chrysosperma). Schwankungen der Zahl an derselben Röhre kommen theils durch Gabelung der Leisten, theils dadurch zu Stande, dass einzelne dieser das Ende der Röhre nicht erreichen. Bei manchen Arten (z. B. Tr. rubiformis) ist der Rücken der Leiste mit stachelförmigen Fortsätzen besetzt. Trichia chrysosperma hat zwischen den Spiralleisten zahlreiche feine, der Längsachse der Röhre parallele Leistchen, welche je zwei Spiralleisten leiterartig verbinden (Fig. 101, *c*). Bei einer verwandten Form fand Wigand Leistchen, die sich mit den Spiralen rechtwinkelig kreuzen, bei den übrigen Arten sind die Interstitien zwischen letzteren glatt.

In dem Sporangium liegen die Röhren des Capillitiums in grosser Zahl und in vielen Krümmungen durcheinander gewirrt. Beim Austrocknen (oder Wasserentziehung durch Alkohol) strecken sie sich mehr, jedoch nie völlig gerade, um bei erneuerter Befeuchtung wieder stärkere Krümmungen anzunehmen, und die gleichen Erscheinungen wiederholen sich bei jedem Wechsel der Befeuchtung. Sowohl die hygroskopische Beweglichkeit als die Spiralleisten erinnern an die Elateren der Lebermoosfrüchte, obgleich diese allerdings bei genauerer Betrachtung von den Trichiaröhren sehr verschieden sind. Letztere sind daher gleichfalls Elateren genannt worden.

Die Sporangien der Stemoniteen (Stemonitis, Enerthenema) sind, abgesehen von ihrer Entwickelung, auch im reifen Zustande durch einige Eigenthümlichkeiten von den übrigen ausgezeichnet. Sie werden bei sämmtlichen unzweifelhaften Arten von einem haar- bis borstendicken, nach oben allmählich verschmälerten Stiele getragen, welcher in die Basis des Sporangiums eintritt und, als Mittelsäule (Columella), durch die Längsachse desselben verläuft; entweder bis in den Scheitel, wo er sich bei Enerthenema und Stemonitis pumila zu einer häutigen, der Wand fest anliegenden Scheibe ausbreitet; oder unterhalb des Scheitels aufhört, sich gleichsam in Capillitiumfasern spaltet. Stiel und Columella sind röhrig hohl, die Höhlung enthält Luft und Klumpen organischer Substanz. Die Wand ist dick, längsrunzelig und dunkel schwarzbraun, letzteres entweder in ihrer ganzen Dicke oder so, dass die Aussenseite von einer farblosen Schicht überzogen wird. Die Basis des Stiels breitet sich in eine unregelmässige häutige, dem Substrat aufsitzende Scheibe aus. Von der ganzen Aussenseite der Columella, oder, bei Enerthenema, nur von ihrer scheibenförmigen Endausbreitung entspringen mit breiter Basis die Hauptäste des schwarzbraunen Capillitiums. Diese sind nach allen Richtungen wiederholt verzweigt, die Zweige zu einem überaus reichmaschigen Netze verbunden. Nur von den peripherischen Maschen des letzteren gehen zahlreiche feine Aeste ab, welche sich mit freien Enden der Sporangiumwand ansetzen. Der Bau der stärkeren Capillitiumzweige gleicht dem der Columella, ihr Lumen steht aber mit dem dieser nicht in Communication; die feineren sind denen von Didymium und Diachea ähnlich. Die Sporangiumwand ist eine einfache, meist sehr zarte Membran, und gleich allen übrigen Theilen frei von Kalkablagerungen.

Bei einigen Myxomycetengattungen sind die reifen Sporenbehälter von complicirterer Structur als die beschriebenen Sporangien. Ich unterscheide die-

selben, zumal auf Grund ihrer im IV. Abschnitt zu beschreibenden Bildungsgeschichte von letzteren als Fruchtkörper.

Die Fruchtkörper von Aethalium, die bekannte sogenannte Lohblüthe, sind polsterförmige oder platte Kuchen von verschiedener Form; sie werden zoll- bis fast fussbreit, einige Linien bis über 1 Zoll dick, und sitzen dem Substrat mit ebener oder demselben wenigstens fest anliegender Grundfläche auf. Der ganze Körper ist von einer einige Millimeter dicken, spröden Rinde umgeben, welche anfangs goldgelb, später blass oder zimmetfarbig ist und sich rings um den Rand in eine dem Substrat aufliegende häutige Ausbreitung fortsetzt. Die Rinde umgibt eine schwarzgraue, fein gelb gesprenkelte, leicht zu Pulver zerfallende Masse. Genauere Untersuchung zeigt, dass letztere aus Röhren besteht, welche bis fast 1 Mm. dick und nach allen Richtungen eng mit einander verflochten und netzförmig verbunden sind, im Uebrigen genau die Structur, auch das Capillitium der Physarumsporangien besitzen. Die Rinde besteht aus dicht verflochtenen, unregelmässigen Strängen, oder richtiger collabirten Röhren, welche innerhalb der zarten, eingesunkenen Membranen, ungeheure Mengen von Kalkkörnern, nebst ursprünglich gelbem Pigment enthalten, letzteres in der bei Physarum beschriebenen Vertheilung. Der Aethaliumkuchen ist somit im Wesentlichen ein Geflecht schlauchförmiger, von der kalkigen Rinde umgebener Physarum-Sporangien.

Aehnlich wie Aethalium zu Physarum verhält sich Spumaria Fr. zu Didymium. Reticularia (wenigstens R. umbrina) scheint sich in ähnlicher Weise an Licea anzuschliessen, bedarf jedoch noch sehr der genaueren, zumal entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung.

Einen durchaus eigenthümlichen Bau haben die erbsen- bis nussgrossen, runden und stiellosen Fruchtkörper von Lycogala epidendron Fr. Sie gleichen kleinen Lycoperdaceen-Fruchtträgern. Ihre Oberfläche wird von einer papierartigen Haut, Rinde (»Peridie«), umgeben, welche aussen unregelmässig-warzig ist, und von deren Innenseite zahlreiche verworrene Fasern (Capillitium) in den sporenerfüllten Raum des Körpers ragen. Die Rinde besteht aus zwei leicht trennbaren, durch eine Lage feinkörnigen Schleims von einander geschiedenen Schichten. Die innere ist eine von der Fläche gesehen völlig homogene oder fein punctirte, im Durchschnitt betrachtet deutlich geschichtete, etwa $^1/_{130}$ Mm. dicke, hellbraune Membran. Die äussere, weit dickere Schicht besteht dagegen der Hauptmasse nach aus einem unregelmässig-mehrschichtigen Geflecht cylindrischer, röhrig hohler, ästiger Fasern, deren Dicke meist $^1/_{50}$ Mm. bis $^1/_{31}$ Mm. beträgt. Die Wand dieser ist (bis $^1/_{100}$ Mm.) dick, geschichtet, die äusseren Schichten homogen-gallertartig, die innerste fester und mit spaltenförmigen Tüpfeln oder netzförmiger Verdickung versehen. Zahlreiche Zweige der Rindenfasern biegen gegen die innere Rindenhaut und treten, diese durchbohrend, als Capillitiumfasern in den Innenraum. Sie sind hier nur von der innersten getüpfelten oder netzförmig, manchmal auch ringförmig verdickten Membranschicht bekleidet, die äusseren Schichten hören in der Innenrinde auf. Die erwähnten Membranverdickungen ragen nach aussen vor, als verschieden hohe und breite, oft sehr flache, runzelartige Leisten. Die Capillitiumfasern sind oft bandförmig zusammengedrückt, reich verästelt und vielfach netzartig verbunden. Die auf der Oberfläche der Rinde befindlichen Warzen

endlich sind derbwandige, ringsum geschlossene, mit dicht körnigem Inhalt erfüllte Blasen.

In sämmtlichen Sporenbehältern der Myxomyceten wird der vom Capillitium frei gelassene Raum durch die — meist in grosser Zahl vorhandenen — Sporen vollständig ausgefüllt. Alle Theile sind bis zur Reife von Wasser durchfeuchtet, mit der Reife verdunstet letzteres, die Wand des Sporenbehälters trocknet ein, um sich zum Behufe der Sporenausstreuung in verschiedener Weise zu öffnen. Ihre Dehiscenz geschieht meistens sehr unregelmässig: sie wird mit dem Austrocknen spröde und zerbricht bei der leisesten Berührung oder ganz spontan in Stückchen. So bei fast allen Physareen, auch Aethalium, Spumaria, Stemonitis u. s. f. Bei den Cribrarien zerfallen die nicht verdickten Stellen der Membran, die verdickten Leisten bleiben als zierliches Gitterwerk stehen. Die Rinde von Lycogala, Reticularia reisst auf dem Scheitel unregelmässig (ob spontan?) ein. Bei Diderma floriforme spaltet die äussere Schicht der Sporangienwand vom Scheitel aus in sternförmig divergirende Lappen. Bei Trichia und Arcyria wird die Dehiscenz und die Sporenausleerung jedenfalls durch die beim Austrocknen stattfindende Streckung des Capillitiums gefördert, bei ersterer Gattung überdies noch durch die hygroskopischen Bewegungen. Die Wand reisst hierbei entweder spontan ringförmig durch, im untersten (Arc. punicea, cinerea) oder oberen (Trich. rubiformis) Theile des Sporangiums, oder sie öffnet sich in unregelmässigen Rissen (Fig. 100, *a*, *b*), sei es spontan, sei es nach leiser Verletzung. Für die Einzelheiten sind die unten anzuführende Litteratur und zumal die systematischen Werke zu vergleichen.

Die reifen Sporen sind je nach den Arten verschieden gross, ihr Durchmesser schwankt etwa zwischen $^1/_{172}$ Mm. (Lycogala epidendron) und $^1/_{64}$ Mm. (Trichia chrysosperma). Bei vielen Arten kommen zwischen den typischen oft einzelne abnorm grosse vor. Von Wasser durchdrungen haben sie immer rundliche Form, beim Eintrocknen sinken sie oft zu concaver oder kahnförmiger Gestalt ein, vielen Pilzsporen gleich (vgl. Seite 133). Sie sind mit einer derben, ungeschichteten, selten (Trich. fallax, Didymium spec.) zweischichtigen Membran versehen, welche bei vielen Arten eine dünnere Stelle zeigt, die beim Keimen durchbrochen wird. Wenige Ausnahmen abgerechnet (z. B. Arcyr. cinerea) ist die Membran gleichmässig gefärbt: violett und violettbraun bei allen Physareen und Stemoniteen, gelb, roth u. s. w. bei anderen Formen. Die Farbe der Sporen gehört unzweifelhaft bei allen lebhaft gefärbten, und wahrscheinlich bei sämmtlichen, ausschliesslich der Membran an. Die Aussenfläche letzterer ist je nach Arten und Genera glatt oder warzig-punctirt, oder mit netzförmigen Leisten versehen (vgl. Fig. 100, *d*, 101, **3**, **7**, **8**, **9**).

Die Membran umschliesst einen dichten, homogen-trüben Protoplasmakörper, in welchem ein, bei abnorm grossen Exemplaren manchmal zwei Zellkerne liegen: durchscheinende runde Körper mit kleinem centralem Nucleolus. Ausserdem kommen zuweilen einzelne oder zahlreiche Oeltröpfchen oder Protoplasmakugeln (»Schleimklümpchen«) in dem Protoplasmakörper vor (Fig. **7**—**9**).

Zellen, welche den Sporen durchaus ähnlich, nur meist grösser und unregelmässig gestaltet sind, füllen bei manchen Trichien und Arcyrien die ganze Höhlung des Stieles aus. Sie sind keimungsunfähig.

Was die stoffliche Beschaffenheit der Membranen von Sporangien

Capillitium und Sporen betrifft, so verhalten sich dieselben gegen Reagentien den incrustirten oder cuticularisirten pflanzlichen Celluloseháuten im Allgemeinen ähnlich. Ihre Quellbarkeit in concentrirten Mineralsäuren und Alkalilösungen ist je nach dem Einzelfalle sehr verschieden. Die meisten Sporenmembranen zeigen in den genannten Flüssigkeiten kaum andere Veränderungen, als dass sie durchsichtiger werden; die violetten und braunvioletten der Physareen und Stemoniteen, sowie die Capillitiumfasern dieser Gruppen ändern durch Schwefelsäure ihre Farbe in blauviolett bis fast rein blau. Analysen der Membranen sind nicht vorhanden. Die blaue oder violette Iodfärbung der Cellulose tritt bei den meisten Membranen niemals ein. Ausnahmen hiervon fanden Wigand und ich bei Trichia furcata Wig., pyriformis und varia, wo die innersten Schichten junger Sporangienwände durch Iod und Schwefelsäure schmutzig blau werden; ferner bei den Membranen der Sporen und sporenähnlichen, den Stiel ausfüllenden Zellen von Arcyria cinerea, punicea, nutans, sowie den Sporen von Lycogala epidendron, deren Membranen sämmtlich durch Iod und Schwefelsäure schöne blaue Farbe annehmen. Weitere Einzelheiten vergleiche man in Wigand's und meinen unten zu nennenden Arbeiten.

II. Keimung der Sporen und Bildung der Plasmodien.

Die Sporen haben bei den darauf untersuchten Arten von dem Augenblick der Reife an die Fähigkeit zu keimen und behalten dieselbe, wenigstens bei den Physareen, Licea pannorum, zwei bis drei, selbst vier (Physarum macrocarpum nach Hoffmann) Jahre lang, wenn sie trocken aufbewahrt werden. An sechs Jahre aufbewahrten sah ich keine Keimung eintreten. Trichia rubiformis, varia keimen noch 6 bis 7 Monate nach der Reife, später, soweit die Beobachtungen reichen, nicht mehr. Bei den meisten Trichiaceen scheint die Keimfähigkeit noch schneller zu erlöschen, zumal bei den typischen Liceen und Cibrarien, deren Keimung noch nie beobachtet wurde.

Die Keimung erfolgt bei der Frühlings- und Sommertemperatur unserer Gegenden, wenn die Sporen in Wasser kommen, sowohl auf dem Objectträger des Mikroskops als auf den faulenden Pflanzenresten, welche die Schleimpilze im spontanen Zustand bewohnen. Ihre Anfänge wurden vielleicht schon 1841 von Berkeley gesehen, denn es ist nach den Abbildungen (Hooker's Journ. III.) kaum zweifelhaft, dass dessen Endodromia, in deren Sporen drehende Protoplasmabewegungen auftreten, einen Myxomyceten aus der Verwandtschaft von Stemonitis darstellt. Genauer bekannt wurden die Erscheinungen erst durch meine Arbeiten. Die Keimung erfolgt bei den untersuchten Genera (Physarum, Aethalium, Leocarpus, Didymium, Stemonitis, Trichia, Arcyria, Licea pannorum, Reticularia, Lycogala) immer in wesentlich gleicher Weise. Einzelne Widersprüche und Zweifel hierüber sind durch ihre Urheber selbst beseitigt worden.

Die keimende Spore schwillt zunächst durch Wasseraufsaugung etwas an, in dem Protoplasma erscheinen nahe seiner Oberfläche eine oder zwei kleine, abwechselnd verschwindende und wiederauftretende Vacuolen, in dem Protoplasma beobachtet man oft drehende Bewegungen, endlich — meist 12 bis 24 Stunden

nach der Aussaat — reisst die Membran auf, und der Protoplasmakörper quillt oder kriecht langsam aus der Oeffnung hervor (Fig. **9**, **14**). Unmittelbar nach dem Ausschlüpfen nimmt der Körper Kugelgestalt an und bleibt ruhig vor der leeren Membran liegen. Bald, oft nach wenigen Minuten, treten auffallende Gestaltveränderungen ein. Der Umriss der Kugel beginnt sich undulirend zu bewegen und diese streckt sich, unter Austreiben und Wiedereinziehen spitzer Fortsätzchen, zu einem länglichen Körper, welcher sich, den Schwärmsporen der Algen ähnlich, schaukelnd im Wasser fortbewegt und hiernach als Schwärmer bezeichnet wird.

Dieser (Fig. **11**, **27** *d*) ist an seinem bei der Bewegung vorderen Ende fein zugespitzt und die Spitze in eine lange, undulirend hin und her schwingende Cilie (ausnahmsweise zwei Cilien) ausgezogen. Das hintere Ende ist gewöhnlich stumpf abgerundet und trägt nur in seltenen, als Monstrositäten zu betrachtenden Fällen ebenfalls eine Cilie. Die Structur des Schwärmers ist eine ähnliche, wie vor dem Ausschlüpfen, nur dass die Körnchen des Protoplasmas in dem grösseren hinteren Theile des Schwärmers angesammelt sind, der vordere körnerfrei ist. Der Zellkern liegt in dem vorderen Theile. In dem Hinterende liegen eine bis drei Vacuolen, von denen mindestens eine eine sogenannte contractile ist, d. h. binnen etwa einer Minute abwechselnd bis zum völligen Verschwinden kleiner wird, dann wieder auftritt und sich bis zu einem $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Körperbreite betragenden Maximum ausdehnt.

Die körnigen Einschlüsse, Schleimklümpchen u. s. f. bleiben entweder in dem Schwärmer, oder sie werden vor dem Ausschlüpfen aufgelöst oder ausgeschieden und in der Membran zurückgelassen. Eine Membran im eigentlichen Sinne des Wortes hat der Schwärmer nicht, wohl aber findet man ihn bei genauer Beobachtung von einer ziemlich breiten, schleimig-weichen, wasserhellen und nicht scharf umschriebenen Hülle umgeben.

Die Bewegung des Schwärmers ist von zweierlei Art: eine hüpfende und eine kriechende. Bei ersterer schwimmt derselbe frei in dem Wasser, in der Regel mit aufwärts gerichtetem Vorderende. Er rotirt um seine Längsachse und zwar in dem Mantel eines Kegels, dessen Spitze vom Hinterende gebildet wird. Die Cilie schwingt wellig hin und her, wodurch eine schaukelnde Bewegung und und ein Fortrücken nach einer Seite bewirkt wird. Die Rotation fehlt zuweilen. Gleichzeitig zeigt der Körper fortwährend mannigfache wellige Bewegungen seiner Oberfläche, Krümmungen, Zusammenziehung und Wiederausstreckung.

Bei der kriechenden Bewegung (Fig. **14**, **26**) liegt der Schwärmer dem festen Substrat auf, entweder wurmförmig nach einer Seite fortrückend, die Cilie vorangestreckt; oder rundliche Gestalt annehmend und wechselnd nach allen Seiten hin Fortsätze austreibend und wieder einziehend, nach Art von Amöben. Die Cilie ist hierbei oft völlig verschwunden, sie scheint eingezogen zu werden. Die kriechende Bewegung ist völlig derjenigen gleich, welche die frühere Protozoengattung Amoeba charakterisirt. Die wechselnden Fortsätze entsprechen den sogenannten Pseudopodien dieser und mögen im Folgenden mit diesem Namen benannt werden. Beide Arten der Bewegung, die kriechende und die hüpfende, gehen vielfach in einander über und können nicht selten an demselben Individuum mit einander abwechselnd beobachtet werden (vgl. Fig. **27**, *b*—*d*).

Viele, vielleicht alle Schwärmer, vermehren sich durch Zweitheilung, und

zwar, wie aus ihrer in manchen Aussaaten enorm wachsenden Menge zu schliessen ist, mehrere Generationen hindurch. Vor der Theilung (Fig. 14) wird die Bewegung träger, der Schwärmer zieht sich zur Kugelform zusammen, Cilie, Vacuolen und Kern verschwinden. Hierauf erscheint in der Mitte eine ringförmige Einschnürung, welche rasch tiefer wird, um den Körper nach wenigen Minuten in zwei kugelige Hälften zu theilen. Diese nehmen sofort wiederum die Eigenschaften beweglicher Schwärmer an.

Bei Didymium Libertianum und D. praecox wurde, ungefähr ebenso häufig wie das oben beschriebene Ausschlüpfen, eine Theilung des Protoplasmas innerhalb der Sporenmembran, und somit ein Auskriechen von je zwei Schwärmern beobachtet (Fig. 10, 12, 13).

Die weitere Entwickelung der Schwärmer besteht darin, dass sie sich zu grösseren beweglichen Protoplasmakörpern, Plasmodien nach Cienkowski's Bezeichnung, vereinigen. Die hierbei stattfindenden Vorgänge hat Cienkowski bei Didymium leucopus, Libertianum und Licea pannorum auf dem Objectträger direct und lückenlos verfolgt. Eine Anzahl von mir mitgetheilter minder vollständiger Beobachtungen an Lycogala, Aethalium, Stemonitis, sowie die Aehnlichkeit aller fertigen Plasmodien unter einander, begründen die Annahme eines im Wesentlichen gleichen Entwickelungsvorganges für alle Myxomyceten.

Die direct beobachteten Erscheinungen bei der Plasmodienentwickelung sind folgende. Am zweiten, dritten Tage nach der Aussaat werden die Theilungen seltener, die Mehrzahl der Schwärmer geht in die kriechende, cilienlose Form über, viele sind etwas grösser als zu Anfang und enthalten einzelne grössere, stark lichtbrechende Körnchen. Die Schwärmer treten nun zu zwei bis vielen in Gruppen dicht zusammen und wieder auseinander (Fig. 16—19 *a*), endlich sieht man je zwei bis drei in innige Berührung treten und mit einander zu einem Körper, dem jungen Plasmodium verschmelzen (Fig. 18, 19, *b*). Dieses vergrössert sich, indem sich neue Schwärmer seiner Oberfläche anlegen und mit ihm vereinigen. Das neugebildete Plasmodium ist durch beträchtlichere Grösse von den cilienlosen Schwärmern unterschieden. Seine Bewegungen und Formveränderungen sind die gleichen wie bei diesen. Die Kerne und contractilen Vacuolen, welche an den Schwärmern bis zur Verschmelzung deutlich sind, verschwinden im Momente, wo letztere geschieht. Grössere, zahlreichere Vacuolen treten auf, und mit dem Wachsthum allmählich die Körnerströmung und die festen Einschlüsse, welche in dem folgenden Abschnitt beschrieben werden sollen (Fig. 20 bis 22).

III. Das Plasmodium.

Die Plasmodien, deren erste Entstehung eben beschrieben wurde, sind jene schleimigen oder rahmartigen Körper, aus welchen, wie man seit Micheli und besonders durch Fries' treffliche Darstellungen weiss, die Sporenbehälter aller Myxomyceten entstehen, und welche diesen den Namen Schleimpilze verschafft haben.

Die fertigen Plasmodien treten in zweierlei Modificationen auf. Erstlich als

verzweigte, netzförmig verbundene Adern (Mesentericae Fries, wegen ihres gekröseartigen Aussehens), welche sich auf der Oberfläche oder in grösseren Lücken des Substrats und auf jedem beliebigen feuchten Körper, auch dem Objectträger, ausbreiten können; zweitens in Form dünner, unscheinbarer, im Innern faulen Holzes vorkommender Stränge. Die erstere Form ist vorzugsweise den Physareen, die andere den meisten übrigen Myxomyceten eigen.

Die Eigenschaften des lebenden Plasmodiums können, dem Gesagten zufolge, an den Mesentericae, z. B. Aethalium, Physarum, Didymium, am besten studirt werden. Wie schon angedeutet, stellen diese reich verzweigte Adernetze dar (Fig. 4), welche meist fächerförmig ausgebreitet und an dem einen, vorderen Rande der Ausbreitung mit besonders zahlreichen Zweigen und Anastomosen versehen sind. Letztere sind in vielen Fällen breit und mit Ausnahme des äussersten Randes flach. Das Vorderende erhält hierdurch das Ansehen einer siebartig durchlöcherten Platte, welche mit wulstigem, gekerbtem Rande versehen und von den stärkeren Zweigen wie von angeschwollenen Venen durchzogen ist. Die Grösse dieser Körper ist nach Arten und Individuen verschieden. Bei Didym. leucopus, Libertianum sind sie oft mit blossem Auge kaum erkennbar, bei anderen, z. B. Didym. praecox, serpula, Leocarpus vernicosus, Diachea werden die Ausbreitungen zoll- und fussgross, die stärkeren Aeste bis 1 Millimeter dick. — Die meisten Plasmodien sind farblos, viele gelb (z. B. Aethal. septicum, Did. serpula) oder rothgelb (Phys. psittacinum) gefärbt. Alle sind von weicher Consistenz, leicht zu einer formlosen Schmiere verstreichbar. Das Mikroskop lässt an dem Plasmodium zunächst eine farblose, homogen trübe Grundmasse unterscheiden, welche die Eigenschaften des Protoplasmas besitzt (Fig. 20—23). Diese ist an der Oberfläche der stärkeren Aeste oft deutlich dichter als in der Mitte, eine feste Randschicht bildend, welche in der Durchschnittsansicht oft einer Membran gleicht, jedoch nie von dem übrigen Protoplasma scharf trennbar ist und an demselben Puncte abwechselnd verschwinden und wieder deutlich werden kann. Im Innern der Grundsubstanz treten häufig Vacuolen auf, theils kleine, abwechselnd verschwindende und wiedererscheinende, theils grössere, stabile. Die Grundsubstanz ist ferner stets durchsäet von zahlreichen Körnern, deren Menge nach Arten wechselt. Dieselben sind theils kugelig, dunkel contourirt, glänzend und aus kohlensaurem Kalk gebildet (Fig. 23); theils klein, auch bei starker Vergrösserung punctförmig und von unbestimmbarer stofflicher Beschaffenheit. Hie und da kommen einzelne grössere, dem Protoplasma anscheinend stofflich gleiche Kugeln vor. Der Farbstoff ist, wo er vorkommt, stets ein Begleiter der Körner, zumal der aus Kalk bestehenden. Er scheint theils einen dünnen Ueberzug über diese zu bilden, theils kommt er vor in Form grösserer, zarter rundlicher oder unregelmässig gestalteter Körper, deren Mitte ein oder mehrere Kalkkörner eingelagert sind. Der Farbstoff ist in Alkohol löslich, wenigstens bei Aethalium und Didym. serpula.

Die auffallendste Erscheinung an dem Plasmodium ist seine stete, je nach Species und nach noch näher zu untersuchenden äusseren Bedingungen verschiedene, lebhafte Bewegung. Dieselbe besteht theils in Gestaltveränderungen, theils in einem lebhaft strömenden Fortrücken der Körnermasse im Innern. Erstere sind an den stärkeren Aesten grösserer Formen schon mit blossem Auge oder der Lupe sichtbar. Mit dem Mikroskop erkennt man an

den Zweigen jeglicher Ordnung einen continuirlichen Wechsel des Umrisses, theils in Form leichter welliger Bewegung, theils eines steten Austreibens und Wiedereinziehens kleiner spitzer tentakelartiger Fortsätzchen oder Pseudopodien, (Fig. 21, 23). Einzelne dieser, oder einzelne flache Vorragungen der Hauptäste schwellen zu kolbiger Form und alsbald zu grösseren Zweigen an, während anderwärts Aeste kleiner werden und allmählich in den Hauptstamm zurückfliessen. Hier wachsen zwei Aeste gegen einander bis sie sich berühren und zu einer Anastomose verschmelzen; dort schnürt sich ein Ast irgendwo ein bis zur Trennung in zwei Stücke. Es ist klar, dass durch diese Vorgänge ein Plasmodium in mehrere getrennt und mehrere zu einem vereinigt werden können. Nach Cienkowski's und meinen Beobachtungen vereinigen sich jedoch niemals die Plasmodien verschiedener Species. Die Aeste jeden Grades und jeder Stärke nehmen an den Bewegungen Theil, am lebhaftesten je kleiner sie sind. Der Wechsel der Bewegungen findet an allen Puncten des Plasmodiums statt, so jedoch, dass an dem vorderen Rande das Austreiben, an dem entgegengesetzten das Einziehen der Aeste vorwiegt. Daher ein oft lebhaftes Fortwandern des Plasmodiums nach der Seite des jeweiligen Vorderrandes, dessen Lage übrigens selbst einem Wechsel unterworfen ist.

An der strömenden Bewegung nimmt oft, zumal in den fadenförmigen Zweigen, die ganze Masse des Plasmodiums Theil, mit Ausnahme der festeren Randschicht; die letztere umgibt eine von Körnern dicht durchsäete Masse, welche der Länge des Zweiges nach fortzufliessen scheint. In anderen Fällen ist die Peripherie strömungsfrei, einen entweder nur aus homogenem Protoplasma bestehenden oder von ruhenden Körnern durchsäeten Saum bildend, dessen Umriss sich wellig bewegt oder Pseudopodien treibt und einzieht. In den häutigen Ausbreitungen sieht man oft schmale Ströme das ruhende Protoplasma durchziehen. Es hat alsdann oft den Anschein, als bewege sich eine körnerführende Flüssigkeit in festwandigen Canälen; allein man sieht nicht selten die strömende Masse die Beschaffenheit der ruhenden annehmen und umgekehrt in letzterer an beliebigen Puncten Strömungen beginnen, Ruhe und Bewegung also in der gleichen Substanz abwechseln. Die Richtung der einzelnen Ströme ist gleich den peripherischen Bewegungen einem steten Wechsel unterworfen. Doch beobachtet man immer, dass in die anschwellenden und vorrückenden Enden die Körnermasse vorzugsweise einströmt, die hiermit abwechselnde, rückläufige Bewegung schwächer und von kürzerer Dauer ist; und dass das umgekehrte Verhältniss bei den Zweigen stattfindet, welche eingezogen werden. Für die Gestaltveränderungen im Grossen und die Fortbewegung des Plasmodiums ist daher das Strömen von vorwiegender Bedeutung.

Für die ausführlichere Beschreibung der wechselvollen Erscheinungen und die Erklärung der Protoplasmabewegungen muss hier auf die Monographien und Band I und IV dieses Handbuches verwiesen werden.

Die Oberfläche der Physareen-Plasmodien, welche ich untersucht habe, wird von einer schleimig-weichen, nach aussen nicht scharf abgegrenzten Hülle überzogen, welche von der Randschichte wohl zu unterscheiden ist. Sie bildet um die stärkeren Zweige einen oft über $^1/_{100}$ Mm. dicken Saum, welcher an sich farblos und glashell, sehr oft aber mit anklebenden Schmutztheilchen bedeckt ist. Sie besteht aus einer klebrigen, in Wasser quellenden, in Alkohol schrumpfenden,

durch Iod kaum gefärbten, also vom Protoplasma verschiedenen Substanz. Sie folgt den Bewegungen passiv. An den Orten, welche ein Plasmodium verlassen hat, bleiben von ihr oft Theile kleben, als dünne Schleimstreifchen. Um die rasch anschwellenden Zweigenden ist die Hülle oft sehr dünn, um die feinen Pseudopodien nicht nachweisbar, also entweder von diesen durchbohrt oder bis zur Unkenntlichkeit vorgetrieben.

Die Plasmodien der Stemoniteen, Trichiaceen und Lycogala haben in der Hauptsache jedenfalls die gleiche Structur und Beweglichkeit wie die Mesentericae der Physareen. Nur ermangeln sie immer der Kalkkörnchen, erscheinen daher meistens viel feinkörniger als bei genannter Gruppe. Eine Ausnahme hiervon machen die schwarzblauen oder violettbraunen der Cribrarien und Dictydien, welche grosse braune, aus organischer Substanz bestehende Körnchen enthalten, übrigens noch sehr unvollständig untersucht sind. Die in faulem Holze lebenden Plasmodien von Lycogala sind, wie ich neuerdings wiederum bestätigt fand, von einer derben, farblosen Membran umgeben; ähnliches beobachtete ich früher bei Arcyria punicea. Wie sich diese Membran bei den Bewegungen verhält, ist noch zu untersuchen; an in Wasser cultivirten Exemplaren von Lycogala konnte ich sie früher nicht wahrnehmen. Alle die letzterwähnten Plasmodien sind unscheinbare Körper, deren stärkere Aeste bei Arcyr. punicea nicht über $^1/_{64}$ Mm., bei Lycogala nicht über $^1/_{38}$ Mm. dick werden. Sie leben meist im Innern fauler Pflanzentheile, zumal faulen Holzes und werden dem unbewaffneten Auge erst sichtbar, wenn sie zum Behuf der Fruchtbildung an die Oberfläche treten.

Im Innern der Plasmodien, zumal der Physareen, beobachtet man sehr oft feste fremde Körper, Fragmente abgestorbener Pflanzenzellen, Sporen von Pilzen, Myxomyceten u. s. f., Stärkekörner, Farbstoffstückchen, wenn solche in die Nähe des Plasmodiums gebracht worden waren (Fig. 21, 22). Sie finden sich schon in den kleinsten, aus der Vereinigung cilienloser Schwärmer entstandenen Exemplaren, deren Unterscheidung von den Schwärmern sie erleichtern. Die festen Körper werden durch bestimmte Bewegungen aufgenommen. Die Oberfläche des Plasmodiums erhebt sich nämlich wulstartig um den sie berührenden Körper, und die Wulstränder fliessen nach und nach über diesem zusammen. Es ist hiernach nicht anzunehmen, dass die fremden Körper bloss zufällig in das Plasmodium eindringen. Rings um den aufgenommenen Körper sammelt sich oft eine Schichte wässeriger Flüssigkeit, so dass derselbe in eine Vacuole zu liegen kommt, wie die Ingesta der Infusorien in die sogenannten Magenblasen. Ueber die Veränderungen, welche die aufgenommenen Körper im Innern des Plasmodiums etwa erleiden, liegt die eine sichere Beobachtung vor, dass bei Didym. serpula Carmin aufgelöst wurde. Diese Species nahm genannten Farbstoff in Menge auf, während Did. Libertianum denselben kaum oder gar nicht schluckte und nie löste. Von den aufgenommenen festen Körpern werden, wie directe Beobachtung zeigt, wenigstens die grösseren — vor der Sporangienbildung — aus dem Plasmodium wieder ausgestossen. Alle diese Thatsachen deuten darauf hin, dass die festen Ingesta zum Zwecke der Ernährung gefressen werden. Beobachtungen an Did. Libertianum haben gezeigt, dass die Plasmodien auch ohne Verschmelzung mit anderen oder mit neuhinzukommenden Schwärmern bedeutend an Grösse zunehmen können. Inwieweit hierbei eine Vermehrung der festen Körper-

substanz stattfindet, inwieweit solche auf Rechnung der festen Ingesta oder flüssiger Nahrung kommt, ist noch zu untersuchen.

IV. Entwickelung der Sporenbehälter.

Die Sporenbehälter der Myxomyceten entstehen unmittelbar aus den Plasmodien, und zwar in verschiedener Weise, je nachdem sie zu den oben bezeichneten Sporangien oder den Fruchtkörpern werden.

Die Sporangienentwickelung gliedert sich in den Process der Formung, die Bildung der Sporangiumwand, die Sonderung des Sporenplasma, die Ausbildung des Capillitiums und der Sporen.

Die Formung besteht darin, dass sich ein Plasmodium unter den beschriebenen Bewegungserscheinungen entweder zu einem zuletzt stabile Form annehmenden Sporangium zusammenzieht, oder sich in mehrere und viele, zu je einem Sporangium werdende Stücke trennt. Bei den flach auf dem Substrat sitzenden Sporangien, zumal den röhren- und netzförmigen, ist der Vorgang nicht wesentlich von den oben beschriebenen Gestaltveränderungen verschieden. Aufrechte, mit schmaler Basis ansitzende oder gestielte Sporangien beginnen als knotenförmige Anschwellungen, welche sich allmählich zu der definitiven Form erheben, indem die Substanz des Plasmodiums oder seiner Stücke in sie einwandert (Fig. **4**, **5**). Bei den mit büschelig gehäuften Sporangien versehenen Arten (z. B. Stemonitis fasciculata P., Trichia rubiformis) ziehen sich die Plasmodien erst zu circumscripten, flachen, meist wulstig unebenen Körpern zusammen, von deren Oberfläche sich dann die Anlagen der Sporangien als Anschwellungen erheben. Bei den auf die Formung folgenden Vorgängen verhalten sich Stemonitis und Enerthenema abweichend von den übrigen Genera. Von letzteren soll zuerst die Rede sein.

Die Hülle des Plasmodiums umgibt die Sporangiumanlage von Anfang an; ein Theil derselben bleibt meistens, collabirend und endlich vertrocknend, am Substrat haften. Der die Sporangiumanlage umgebende Theil nimmt allmählich die Structur und Festigkeit der fertigen Sporangiumwand an; bei den gestielten Formen beginnt das Festwerden an der Stielbasis und schreitet nach oben fort, die ersterhärteten Membranportionen dienen dem aufwärts wandernden Protoplasma als Stütze.

Hat das Sporangium seine definitive Gestalt angenommen, so beginnt die Sonderung des Sporenplasma. Am auffallendsten tritt diese bei den Physareen hervor, deren Plasmodium Kalkkörnchen und Pigment enthält. Bei Physarum und den anderen Genera mit körnigen Kalkanhäufungen in dem reifen Sporangium lagern sich diese Theile theils der Wand ein und an, theils rücken sie zu verschieden gestalteten Massen zusammen, welche durch den Raum des Sporangiums zerstreut sind und den späteren Kalkblasen entsprechen. Bei Didymium und analogen Formen werden die in dem Plasmodium enthaltenen Kalkkörnchen gelöst und die Lösung aus dem Sporangium ausgeschieden, denn während die Körner im Innern verschwinden, erscheinen auf der Aussenfläche die Krystalle. Bei Didym. serpula, der einzigen hierher gehörenden genauer bekannten Art

mit gefärbten Plasmodien, ballt sich der gelbe Farbstoff zu rundlichen Massen zusammen, den Anfängen der Pigmentbehälter. Die durch diese Processe von Kalk und Pigment, vielleicht auch noch von den letzten Ueberbleibseln fester Ingesta befreite Hauptmasse des Protoplasma, welche ich Sporenplasma nenne, stellt eine farblose, gleichmässig feinkörnige, schleimige Substanz dar. Bei den kalkfreien Arten (Trichiaceen) wird die ganze Protoplasmamasse zum Sporenplasma; wenigstens sind die aus diesem ausgeschiedenen, vielleicht von festen Ingesten herrührenden klumpigen Massen, welche zumal im Stiele zurückbleiben, relativ unbedeutend.

Ein verhältnissmässig kleiner Theil des Sporenplasmas wird zur Bildung des Capillitiums, die Hauptmasse zur Sporenbildung verwendet. Es treten in derselben Zellkerne in rasch wachsender Zahl auf, zuletzt theilt sich das Plasma simultan in sehr zahlreiche, rundliche Portionen, deren jede einen Zellkern einschliesst und, sich mit einer Membran umgebend, zur Spore heranreift. Die eben angelegten Sporen sind meist etwas grösser, jedenfalls nie kleiner als die reifen. — Die Behauptung, dass die Sporen von dem Capillitium abgeschnürt werden, ist für alle Fälle unrichtig; Angaben, welche sie zu mehreren in einer Mutterzelle entstehen lassen, haben nur für seltene, und theilweise abnorme Ausnahmsfälle Geltung (vgl. Mycetozoen, p. 72, und die Erklärung der Fig. **8**).

Die Entwickelung des Capillitiums beginnt gleichzeitig mit dem Auftreten der ersten Sporenkerne, oder vielleicht schon vorher; und zwar wird dasselbe in seiner ganzen Ausdehnung ungemein schnell angelegt. Die jüngsten sicher beobachteten Zustände desselben zeigen immer schon alle Theile wie zur Zeit der Reife angeordnet, nur dass dieselben zunächst überaus zart sind und erst allmählich ihre spätere Derbheit, Membranverdickungen u. s. f. annehmen.

Die besonderen Eigenthümlichkeiten von Stemonitis, auf welche oben hingedeutet wurde, betreffen die Bildung von Stiel und Columella. Nach Beginn der Formung tritt in der noch mit breiter kreisrunder Fläche auf dem Substrat sitzenden Sporangiumanlage eine axile, hellbraune, hohlcylindrische Mittelsäule auf, deren Basis sich in eine dem Substrat aufliegende Haut ausbreitet. Die Mittelsäule verlängert sich durch Spitzenwachsthum und nimmt, von unten nach oben fortschreitend, allmählich die im Abschnitt I. beschriebene Stielstructur an, während sich die umgebende Protoplasmamasse gleichzeitig streckt, und zumal an ihrer Basis derart verschmälert, dass sie das Substrat zuletzt nur in einer dem Umfang der Mittelsäule entsprechenden Kreislinie berührt. Die Mittelsäule fährt auch jetzt fort, sich zu verlängern, und der Protoplasmakörper rückt, sie fest umfassend, an ihr in die Höhe. Ihr unterer Theil wird hierdurch vom Protoplasma entblösst, er stellt den Stiel dar. Je nach den Arten bleibt die Sporangiumwand um den Stiel erhalten, als ein Sack, innerhalb dessen das Protoplasma in die Höhe rückt und dessen unterer, entleerter Theil den Stiel als eine runzelige Scheide umgibt (St. typhoides), oder die Wand löst sich mit dem Protoplasma von der Stielbasis los und rückt mit jenem, ihm überall fest anliegend, in die Höhe. Das obere Ende der Mittelsäule bleibt während dieser Bewegung eine Strecke weit von dem Scheitel des Sporangiums entfernt. Ist der Stiel auf die für die Species characteristische Länge entblösst, so steht die Bewegung still und innerhalb des Protoplasmas erfolgt nun sofort die Bildung des Capillitiums und der Sporen auf die oben beschriebene Weise.

Bei Enerthenema (Stem. papillata P.) ist der Entwickelungsprocess dem beschriebenen ähnlich, die Mittelsäule erreicht aber in der Sporangiumanlage ihre volle Länge, ohne dass sich das Protoplasma von dem Substrat ablöst. Sie erhält innerhalb jenes eine bogig gekrümmte Gestalt, ihr oberes Ende reicht bis zu der dem späteren Scheitel entsprechenden Stelle der Oberfläche. Zuletzt streckt sich die Säule gerade und hebt die sie umgebende Protoplasmamasse gleichsam in die Höhe; ihr unterer Theil wird hierdurch entblösst und zum Stiele.

Die grossen, oben als Fruchtkörper bezeichneten Sporenbehälter entstehen dadurch, dass viele Plasmodien von allen Seiten her an eine Stelle wandern und sich zur Anlage des Körpers vereinigen. Dieser besteht anfangs aus einem überall gleichartigen Geflechte von Plasmodiumästen. Hat das Hinzutreten neuer Plasmodien sein Ende erreicht, so beginnt die Differenzirung der Theile. Bei Aethalium sondert sich das farblose, feinkörnige Sporenplasma von den Kalkkörnern und dem Pigment genau wie bei Physarum. Jenes wandert aus den peripherischen Lagen des Geflechts vollständig in die hierdurch anschwellenden Aeste des Mitteltheils, und in diesen erfolgt Sporen-, Capillitium- und Wandbildung wie in den Physarum-Sporangien. In den peripherischen Lagen bleibt nur Kalk und Pigment innerhalb der Hüllen: diese collabiren daher zu der im I. Abschnitt beschriebenen kalkigen Rinde.

In welcher Weise bei Lycogala, Reticularia die Differenzirung erfolgt, ist noch nicht genau bekannt. Die Sporen entstehen hier überall auf die oben beschriebene Weise.

Die Entwickelung der Myxomyceten erfolgt, wie schon viele ältere Angaben zeigen, unter günstigen Bedingungen sehr schnell.

Bei Aussaaten von Didym. Libertianum auf den Objectträger erhielt Cienkowski nach vier Tagen ausgebildete Plasmodien, die am fünften Tage Sporangien bildeten. Nach einer Anzahl von Beobachtungen an spontan entwickelten Plasmodien ist zu der Ausbildung der Sporenbehälter, von dem ersten Beginn der Formung bis zur Reife ein Zeitraum von durchschnittlich etwa 12 Stunden erforderlich, schnellere oder langsamere Entwickelung findet theils bei einzelnen Arten, theils je nach Temperatur und Wassergehalt der Umgebung statt.

Der reife Sporenbehälter ist zuerst überall von Wasser durchtränkt, die Sporen durch zwischengelagerte dünne Wasserschichten verbunden. Nach vollendeter Reife erfolgt Verdunstung des Wassers, und hiermit die im I. Abschnitt beschriebene Dehiscenz und Verstäubung der Sporen.

V. Ruhezustände.

Die beweglichen Entwickelungsglieder der Myxomyceten haben die Fähigkeit, in Ruhezustände überzugehen, aus welchen sie, unter geeigneten Bedingungen, wiederum in den Zustand der Beweglichkeit zurückkehren können. Man kennt zur Zeit drei Ruheformen: Mikrocysten, derbwandige Cysten (Cienkowski) und Sclerotien.

Wie Culturen von Did. Libertianum bestimmt gezeigt haben, sind die Ruhe-

zustände keinesfalls nothwendige Glieder des Entwickelungsganges. Ihre Bildung scheint vielmehr überall dadurch veranlasst zu werden, dass die Fortentwickelung der Schwärmer zu Plasmodien oder dieser zu Sporangien gestört wird durch unzureichende Ernährung, langsame Austrocknung, langsame Abkühlung unter ein gewisses Minimum. Allerdings liegt eine Anzahl von Beobachtungen vor, welche auf noch andere, zur Zeit unbekannte Ursachen hindeuten. Die Wiederaufnahme der Beweglichkeit erfolgt, wenn die Körper nach Austrocknung (bei geeigneter Temperatur) wiederum in Wasser gebracht werden.

Mit dem Namen Mikrocysten hat Cienkowski den Ruhezustand der Schwärmer bezeichnet. Unter den angegebenen Bedingungen nehmen diese die Gestalt von Kugeln an, welche kleiner als die Sporen, von einer sehr zarten, farblosen Membran umgeben (Licea pannorum nach Cienkowski) oder membranlos, aber mit einer sehr festen Randschicht versehen sind (Fig. **25**). Im Uebrigen bleibt ihre Structur der von beweglichen Schwärmern gleich; nur dass die Vacuolen in vielen Fällen verschwinden und das Protoplasma grössere Dichtigkeit erhält. Die Schwärmer bleiben in diesem eingekugelten Zustande bei völliger Austrocknung lebensfähig, über zwei Monate lang bei Did. praecox, Libertianum; wann ihre Lebensfähigkeit aufhört, ist noch nicht untersucht. Wieder in Wasser gebracht, kehren sie zu der beweglichen Schwärmerform zurück, um so schneller, je kürzer die Austrocknung gedauert hatte (Fig. **26**, **27**). Die von Licea pannorum streifen hierbei ihre Membran ab.

Die derbwandigen Cysten und Sclerotien sind Ruhezustände der Plasmodien. Jene wurden von mir bei Aethalium in vereinzelten Fällen beobachtet, von Cienkowski bei Licea pannorum in ihrer Entwickelung vollständig verfolgt. Bei beiden Arten waren es jugendliche Plasmodien, welche die Cysten bildeten. Nach Cienkowski's Beobachtung theilt sich das Plasmodium durch Zerreissung seiner Zweige in Stücke von sehr ungleicher Grösse, welche ihre Fortsätze einziehen und die Gestalt glatter Kugeln annehmen. Auf der Oberfläche dieser tritt nun eine Membran auf, welche beträchtliche Dicke, runzelig krause Oberfläche und dunkelbraune Farbe erhält. Innerhalb dieser Membran zieht sich das Protoplasma noch weiter zusammen und bildet an seiner Oberfläche eine zweite, doppelt contourirte Haut. Nach mehrwöchentlichem Austrocknen wiederum in Wasser gebracht, blieben die Kugeln zuerst einige Wochen lang unverändert, dann traten langsame wellige Bewegungen des Protoplasmakörpers ein, endlich sah man diesen anschwellen, die umgebenden Häute durchbohren und, mit allen Eigenschaften eines Plasmodiums versehen, langsam aus denselben hervorkriechen.

Die Sclerotien sind die Ruhezustände der erwachsenen Plasmodien. Sie wurden beobachtet bei Didymium leucopus, Libertianum, serpula, Aethalium septicum, Physarum sinuosum, Licea pannorum und einer Anzahl nicht näher bestimmter Physareen, vielleicht auch von Corda (Icon. fung. II, Fig. 87, *b*) bei Stemonitis. Sie stellen zum Theil die Formen dar, aus welchen Persoon seine Pilzgattung Phlebomorpha bildete.

Wenn ihre Bildung beginnt, werden die feineren Fortsätze des Plasmodiums eingezogen, dieses nimmt die Gestalt einer siebartigen Platte oder (Aethalium) eines unregelmässig höckerigen Knöllchens an, die Körner vertheilen sich gleichmässig in der Grundsubstanz, die festen Ingesta werden ausgeschieden, allmählich

hört die Bewegung auf und der ganze Körper zerfällt in eine Unzahl rundlicher oder polyedrischer Zellen von durchschnittlich $1/_{40}$ Mm. bis $1/_{27}$ Mm. Durchmesser. Der Körper erhält hiermit wachsartige Consistenz und trocknet zu einer hornartig spröden Masse ein, ähnlich vielen Pilzsclerotien.

Die einzelne Zelle (Fig. 24, 28) besteht die Hauptmasse nach aus einem festen Protoplasmakörper, welcher Vacuolen verschiedener Zahl und Grösse, Pigment und Körner in ähnlicher Vertheilung wie die beweglichen Plasmodien einschliesst und meist eine scharf abgesetzte Randschicht zeigt. An den kräftig entwickelten Sclerotien mancher Arten (z. B. Aethalium, Didym. serpula) ist der Protoplasmakörper von einer deutlichen farblosen Membran umgeben (Fig. 28), welche bei den genannten beiden Arten in Iod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod Cellulosefärbung annimmt. Die Membranen sind mit einander fest verbunden, entweder unmittelbar oder (Aethalium) durch eine homogene, in Wasser erweichende Zwischensubstanz. Kleine, schwach entwickelte Exemplare der genannten Arten, sowie alle bis jetzt untersuchten Sclerotien anderer (z. B. Did. Libertianum) lassen keine deutlichen Membranen um die Protoplasmakörper erkennen.

Die Aussenfläche der Sclerotien wird meistens von einer Lage jener homogenen quellbaren Substanz bedeckt, welche sich bei Aethalium zwischen den Zellen findet. Auf derselben sind ferner vielfach (Aethalium, Didymium) Schuppen oder Körner, oder Krystalle von kohlensaurem Kalk abgelagert, welcher bei der Sclerotienbildung ausgeschieden werden muss.

Wenn ein reifes, trockenes Sclerotium in Wasser gebracht wird, so quillt es sofort auf, und, oft schon nach 6 bis 15 Stunden, bei älteren Exemplaren nach längerer, selbst mehrere Tage dauernder Frist, fliessen seine Zellen wiederum zu einem beweglichen Plasmodium zusammen. Wo Celluloseháute vorhanden sind, werden diese zuvor aufgelöst. Der Vorgang beginnt an der Oberfläche und schreitet nach der Mitte zu fort.

Beobachtet man isolirte Sclerotienzellen, so sieht man einige Stunden nach dem Befeuchten contractile Vacuolen in ihnen auftreten, dann beginnt Austreibung beweglicher Aeste und Pseudopodien und Fortkriechen nach Art von Plasmodien. Wo die beweglichen Zellen einander begegnen und berühren, verschmelzen sie, wo sie noch ruhenden begegnen, werden diese verschluckt. Auf diese Weise entsteht allmählich ein grösseres, viele verschluckte Sclerotiumzellen enthaltendes Plasmodium. Diese von Cienkowski zuerst an Did. Libertianum beobachteten Erscheinungen geben über die Entstehung des Plasmodiums aus dem zusammenhängenden Sclerotium Aufschluss. Auch in den aus unzerlegten Sclerotien neu entstandenen Plasmodien sieht man immer eine Menge Sclerotiumzellen, theils unveränderte, theils deutlich abgestorbene, von dem Körnerstrome mitgeführt werden. Nach und nach werden dieselben seltener, um zuletzt ganz zu verschwinden; sie werden also entweder aufgelöst oder verschmelzen mit der übrigen Plasmodiumsubstanz.

Die trockenen Sclerotien, welche untersucht sind, bleiben zumeist etwa 6 bis 8 Monate lebenskräftig. Aethalium und Didym. serpula verbringen, nach mehrfacher directer Beobachtung, kalte und trockene Jahreszeit im Sclerotiumzustand, um bei feuchter und warmer Witterung wieder in den beweglichen überzugehen. Länger als 7 bis 8 Monate dauerte die Lebensfähigkeit in den

meisten beobachteten Fällen nicht, doch blieben Sclerotien von Didym. serpula über ein Jahr lebend (andere nur 7 Monate), und Léveillé führt (Ann. sc. nat. 2e Sér. T. XX, p. 216) eine Beobachtung an, derzufolge ein Myxomyceten-sclerotium nach 20jähriger Aufbewahrung noch in den beweglichen Zustand überging.

Die vorstehenden Abschnitte enthalten die zur Zeit von der Entwickelung der Myxomyceten bekannten Thatsachen. Ob wir mit diesen den ganzen Entwickelungsgang kennen, haben fernere Untersuchungen zu entscheiden. Zu solchen fordert die von Cienkowski und mir wiederholt beobachtete Erscheinung auf, dass (z. B. bei Did. Libertianum) in Aussaaten auf dem Objectträger öfters keine Plasmodiumbildung eintritt, die gewöhnlichen cilienlosen Schwärmer aber seltener werden und dafür grössere Körper auftreten, welche jenen in Bau und Bewegung ähnlich sind und Arten des vieldeutigen Formgenus Amoeba (A. guttula, Limax Dujard.) gleichen. Diese Amöben erhalten sich wochenlang unverändert. Ob sie aus den Schwärmern entstehen oder fremden, vielleicht auf Kosten letzterer lebenden Organismen zugehören, und was zuletzt aus ihnen wird, ist ungewiss.

Mit den beweglichen Zuständen der Myxomyceten hat eine zur Zeit 9 Arten umfassende Gruppe mikroskopisch kleiner Organismen grosse Aehnlichkeit, welche Cienkowski, dem wir ihre genaue Kenntniss verdanken, als Monaden bezeichnet. Eine Anzahl derselben (Monas, Pseudospora, Colpodella) beginnt ihre Entwickelung in der Form von bewimperten Schwärmern, welche denen der Myxomyceten im Wesentlichen gleich sind. Die Schwärmer wachsen heran und zwar, Colpodella ausgenommen, zu Körpern, welche sich nach Art kleiner Plasmodien kriechend und Pseudopodien austreibend bewegen. Dieselben gleichen den Amöben der älteren Zoologen und werden mit diesem Namen bezeichnet. Von den Plasmodien sind sie dadurch verschieden, dass sie nicht aus der Vereinigung mehrerer Schwärmer entstehen und bei der Mehrzahl der Arten einen oder selbst mehrere (Nuclearia) deutliche Zellenkerne enthalten. Nur Monas amyli Cienk. bildet, den Myxomyceten ähnlich, durch Verschmelzung mehrerer Schwärmer kleine Plasmodien. Diese, bei den anderen Arten die Amöben, bei Colpodella die Schwärmer selbst, nehmen zuletzt Kugelform an, sondern an ihrer Oberfläche eine Membran ab, und innerhalb dieser theilt sich das Protoplasma in eine Anzahl Segmente, welche sofort als Schwärmer wieder ausschlüpfen und den Entwickelungsgang von neuem beginnen. Andere Exemplare gehen innerhalb der erwähnten Membran in einen den derbwandigen Myxomycetencysten durchaus ähnlichen Ruhezustand über.

Eine andere Gruppe von Gattungen (Vampyrella, Nuclearia) ist von den beschriebenen dadurch verschieden, dass der Schwärmerzustand fehlt; der eingekugelte Protoplasmakörper theilt sich innerhalb der zarten Membran in zwei bis vier Portionen, deren jede in Form einer mit fadenförmigen Pseudopodien versehenen Amöbe die Membran verlässt. Bei Nuclearia simplex sah Cienkowski

aus der Cyste wieder eine Amöbe ausschlüpfen, für alle anderen Formen ist das Ende des Ruhezustandes nicht beobachtet.

Alle hierher gehörenden Formen nehmen grosse Mengen fester organischer Körper in sich auf und zwar als Nahrung, denn die Ingesta werden zu Gunsten der wachsenden Körpersubstanz in der Monade grossentheils aufgelöst; ein anderer Theil wird häufig vor der Theilung oder Encystirung innerhalb der Membran unverbraucht ausgestossen, meist in Form missfarbiger Klumpen oder Körner.

Die Nahrungsaufnahme und Qualität der Nahrung ist je nach den einzelnen Arten verschieden. Erstere findet entweder an beliebigen Stellen des Körpers und wie die Aufnahme fester Ingesta durch die Myxomycetenplasmodien statt (Vampyrella vorax, Monas, Pseudospora) oder an bestimmten Puncten der Körperoberfläche. Was die Qualität der Nahrung betrifft, so nehmen Nuclearia, Pseudospora Nitellarum Theile zersetzter Algenzellen auf, Monas amyli Stärkekörner, Vampyrella vorax lebende Diatomeen und Desmidiaceen. Colpodella pugnax, Vampyrella pendula, V. Spirogyrae saugen aus lebenden Conferven- und Volvocinenzellen, deren Wand sie durchbohren, das Protoplasma und Chlorophyll aus, und zwar haben sie entweder die Wahl zwischen verschiedenen oder sind (z. B. V. Spirogyrae) auf einzelne bestimmte Gattungen angewiesen.

Es liegt auf der Hand, dass diese Erscheinungen (welche vielleicht geeignet sind, auch über die Bedeutung der festen Ingesta bei den Myxomyceten Aufschluss geben zu helfen) an die Nahrungsaufnahme niederer Thiere aufs bestimmteste erinnern, und ein ausführliches Eingehen auf dieselben dürfte schon aus diesem Grunde die Grenzen dieser Arbeit überschreiten.

Litteratur.

E. Fries, Systema mycologicum III (1829).

A. de Bary, Die Mycetozoen. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. X (1859). 2. Auflage. Leipzig, 1864. Für viele Einzelheiten und ausführliche Litteraturangaben sei auf diese 2. Auflage verwiesen und auf die folgenden Schriften:

L. Cienkowski, Zur Entwickelungsgeschichte der Myxomyceten; und Das Plasmodium. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. III, 325 und 400. Beiträge zur Kenntniss der Monaden. M. Schultze's Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. I, p. 203, Taf. XII — XIV.

Erklärung der Tafel.

Figur 1 bis 3. Physarum albipes Fr.

Fig. 1. Gestieltes Sporangium, von aussen betrachtet. Vergr. 25.

Fig. 2. Ein solches halbirt, von der Schnittfläche aus gesehen, Columella und Capillitium durch Entfernung der Sporen freigelegt. Vergr. 30.

Fig. 3. Verg. 390. Ein Stück Sporangiumwand nebst einem ihm angewachsenen Stück Capillitium in Wasser ausgebreitet. *a* Anheftungsstellen der Capillitiumröhren. *b* Kalkblasen. *c* Eine von einer Membran umgebene Kalkanhäufung. *sp* Sporen.

Figur 4 und 5. Physarum plumbeum Fr. (Schwach vergr.)

Fig. 4. Plasmodium, am Rande mit dicken Anschwellungen, den ersten Anfängen der Sporangien.

Fig. 5. Gruppe junger Sporangien, während der Formung, noch durch fadenförmige Reste des Plasmodiums verbunden.

Figur 6. Didymium leucopus Fr. (Vergr. 25 bis 30.)

Sporangium, dessen Wand nicht ganz zur Hälfte weggenommen und dessen Sporen entleert sind; im Innern Columella und Capillitium, aussen auf der Wand Kalkdrusen.

Figur 7. Didymium farinaceum Fr. (Vergr. 390.)

Stück Sporangiumwand mit Capillitium und Kalkdrusen. Ersteres innen, letztere aussen der Wand ansitzend, der Einfachheit halber in eine Figur zusammengezeichnet. *a* Einzelne Capillitiumfaser. *sp* Sporen.

Figur 8 bis 27. Didymium Libertianum.

Die Figuren 16, 18 bis 21 sind nach Cienkowski's Abbildungen copirt, 350mal vergrössert; alle übrigen nach 390facher Vergrösserung, zum Theil ein wenig zu gross gezeichnet.

Fig. 8. Sporen mit fast farbloser Membran; *a* von gewöhnlicher Structur und Grösse; im Innern der Kern nebst einem ihm sehr ähnlichen, von einem hellen Hofe umgebenen glänzenden »Körnchen«. Die anderen klein und zu 2, 3 und 4 in einer Blase liegend, was öfters bei Exemplaren, die in der Ausbildung gestört waren, nicht aber bei völlig normal entwickelten beobachtet wurde.

Fig. 9. Violetthäutige Sporen, mit einem dunkeln runden »Schleimklumpen«. Bei zweien derselben ist die Membran zum Behufe der Schwärmerbildung aufgerissen.

Fig. 10. Spore von derselben Aussaat wie Fig. 9. *a* Zwei Schwärmer durch Theilung des Protoplasmas gebildet; *b* Ausschlüpfen derselben. Der Schleimklumpen wurde bei der Theilung ausgeschieden und bleibt in der Membran zurück.

Fig. 11. Schwärmer, aus Sporen wie Fig. 9 entwickelt; zwei mit, einer ohne Schleimkugel im Innern. *a* Schwärmer mit dem eine Schleimkugel enthaltenden Hinterende in die verengte Oeffnung der Membran eingeklemmt. Das eingeklemmte Stück reisst später los.

Fig. 12 bis 14. Keimung der in Fig. 8 dargestellten fast farblosen Sporen.

Fig. 12. Durch Theilung des Protoplasmas zwei Schwärmer innerhalb der Sporenmembran gebildet. Das glänzende Körnchen ausgeschieden.

Fig. 13. *a* Spore mit zwei Schwärmern im Beginne des Ausschlüpfens; *b* dieselbe nach vollendetem Ausschlüpfen. Das Körnchen bleibt in der Membran zurück.

Fig. 14. Ausschlüpfen eines Schwärmers und Theilung desselben. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben *a—n*. Die Sporen waren um 7 Uhr Vorm. ausgesäet worden. *a* Um 10 Uhr 45 M. zuerst beobachtet, bleibt bis 11 Uhr 53 M. unverändert, mit Ausnahme der Pulsation der Vacuolen. *b*, *c* um 11 Uhr 53 M., *d* um 12 Uhr, *h* um 12 Uhr 15 M.: der Schwärmer hat dauernde Kugelform angenommen, Kern und Vacuolen sind noch deutlich; *i* um 12 Uhr 30 M.: Kern und Vacuolen plötzlich verschwunden. *k* Beginn der Theilung um 12 Uhr 40 M. Kerne sind nicht sichtbar bis nach vollendeter Theilung; in *n* (um 12 Uhr 50 M.) erscheinen sie plötzlich. Die beiden Theilungsproducte nahmen später die Form gewöhnlicher Schwärmer an.

Fig. 15. Cilienloser Schwärmer, aus einer monströs grossen Spore, wie sie öfters zwischen den anderen vorkommen, ausgeschlüpft, mit zwei Kernen.

Fig. 16. Schwärmer, welche nach mehrtägiger Cultur die Cilie verloren haben. Kern und contractile Vacuole noch deutlich.

Fig. 17. Zwei solche cilienlose Schwärmer, sich an einander legend.

Fig. 18. *a* Zwei ebensolche; *b* dieselben zu einem jungen kernlosen Plasmodium verschmolzen.

Fig. 19. *a* Gruppe von drei cilienlosen Schwärmern; *b* zwei derselben sind zu einem Körper (Plasmodium) verschmolzen.

Fig. 20. Kleines junges Plasmodium.

Fig. 21 bis 22. Zwei grössere Exemplare, die feste Ingesta in sich aufgenommen haben.

Fig. 23. Zweigende eines erwachsenen, auf dem Objectträger ausgebreiteten Plasmodiums.

Fig. 24. Zwei Zellen aus einem mehrere Monate trocken aufbewahrten Sclerotium, nach mehrtägigem Liegen in Wasser.

Fig. 25. Schwärmer im Ruhezustande, nach mehrwöchentlicher Austrocknung frisch in Wasser gebracht. Das Protoplasma von einer scharf hervortretenden Randschicht umgeben, ohne Membran.

Fig. 26. Ruhender, mehrere Wochen lang trocken aufbewahrter Schwärmer, nach ungefähr 24stündiger Einwirkung von Wasser. In *a* die Randschicht noch unverändert, dicht unter derselben vier pulsirende Vacuolen, welche abwechselnd verschwinden und wiederkommen; in der Figur sind drei sichtbar. *b—e* Rückkehr in den beweglichen Zustand, Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. Das Austreiben des ersten Pseudopodiums erfolgte $^5/_4$ Stunden nach Beginn der Beobachtung; die Form *e* war $^1/_4$ Stunde später vorhanden; darauf sehr rasch Uebergang in die Form der gewöhnlichen cilientragenden Schwärmer.

Fig. 27. Anderes Exemplar, aus derselben Cultur wie das in Fig. 26 dargestellte, dicht neben diesem gelegen. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben *a—d*; in *a* zwei abwechselnd pulsirende Vacuolen. *a* kam 11 Uhr zur Beobachtung, *d* war um $12\frac{1}{2}$ Uhr fertig.

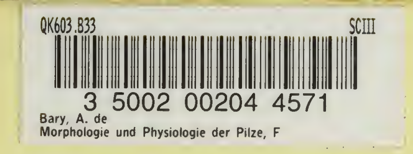
Figur 28. (Vergr. 390.)

Fragment eines dünnen Querschnittes durch das rothgelbe Sclerotium eines Physarum. Die Zellen mit je einer grossen Vacuole und deutlichen Membranen; viele der letzteren durch den Schnitt entleert. Die Membranen sind etwas zu dick gezeichnet und aus Versehen dunkel schattirt.


1.
2.
3.
sp
6.
7.
sp
4.
5.
9.
10.
19.
18.
17.
13.
11.
16.
20.
22.
23.
28.
12.
21.
14.
8.
15.
24.
27
26.
25.
C. Loedel sc.






QK603.B33
SCIII
3 5002 00204 4571
Bary, A. de
Morphologie und Physiologie der Pilze, F


SCHOENHOF & MOELLER
BOSTON
40 WINTER STREET 40

